

**PROGRAMME DE  
RECHERCHE  
SUR LES PINS**

**EN NOUVELLE-CALEDONIE**

\*\*\*\*\*

**BILAN ET PERSPECTIVES**

\*\*\*\*\*

*Programme "Arbres et Plantations"*

*Yves EHRHART*

*Septembre 1999*



## ETAT ACTUEL ET PERSPECTIVES DU PROGRAMME D'AMELIORATION GENETIQUE EN NOUVELLE-CALEDONIE

### Introduction

Cet état des lieux va se baser sur le document de juillet 1991 « Programme de recherche sur les pins en Nouvelle-Calédonie » de Loïc CREMIERE<sup>1</sup> qui est la base de ce programme. Nous allons en commenter les différents points en fonction de l'évolution qui a eu lieu depuis ce document et souligner les actions et travaux qui doivent ou devraient encore être entrepris ou suivis dans l'avenir. Ce programme avait été établi alors que l'action d'amélioration génétique du pins mobilisait une part importante de l'effort du CIRAD-Forêt en Nouvelle-Calédonie. La donne a changé depuis et sur la demande des services forestiers des provinces, le programme a été très nettement allégé, se contentant de rester sur l'acquis avec l'installation du verger de production de graines et le maintien indispensable du matériel génétique disponible.

Les conditions matérielles qui ont prévalu au CIRAD-Forêt ces dernières années avec une absence presque totale de personnel de terrain en raison des mutations, des décès et de l'âge de nos ouvriers d'une part et d'une charge très forte de Centre de semences forestières de Port Laguerre ensuite, n'ont permis d'effectuer que les tâches essentielles pour la production future de graines de qualité (mise en place du verger de Pocquereux). La réalisation de plusieurs actions, pourtant indispensables à long terme pour la pérennité du programme de fourniture de matériel végétal de plantation de qualité (rajeunissement des parcs à clones et mobilisation du matériel intéressant de première génération non encore mis en collection), n'a pu être assurée. Quelle que soit la volonté des partenaires provinciaux quant à la poursuite du programme d'amélioration *sensu stricto*, ces actions doivent être pris en compte en priorité dès que les limitations que nous évoquions plus haut seront levées. En effet, l'âge des parcs à clones actuels se rapproche de la durée de vie des pins et les dégâts des cyclones risque de provoquer à très court terme la perte irrémédiable des certains clones. La constitution de nouvelles populations de production de graines lorsque le verger arrivera à terme ne sera plus alors possible et la seule source de graines améliorées sera alors l'importation à partir de pays dont la production de graines de *Pinus caribaea* est importante et de qualité : l'Australie et, en moindre mesure l'Afrique du Sud, mais sans savoir si les produits performants qu'ils proposent seront adaptés à la Nouvelle-Calédonie. Mais c'est une option qui n'est pas impossible.

### **1 Sélection des espèces et variétés de pin :**

Ce programme a été bouclé et seules deux espèces ont un potentiel sur le territoire :

*Pinus caribaea hondurensis* et *Pinus elliottii*.

- ***Pinus elliottii*** : cette espèce n'a une croissance intéressante que dans les stations d'altitude supérieure à 500 m soit, dans le site du Col des Roussettes où sa croissance alliée à sa belle rectitude la rendent plus intéressante que *Pinus caribaea hondurensis* d'origine tout venant du commerce. L'utilisation de graines améliorées bientôt disponibles pour cette dernière espèce devrait lui permettre des performances égales sinon

---

<sup>1</sup> Programme de recherche sur les pins en Nouvelle-Calédonie : Les acquis et les objectifs à atteindre. Loïc CREMIERE, juillet 1991, CTFT, Nouméa, 17 pp, Annexes

meilleures. Le deuxième avantage de *Pinus elliottii* par rapport à *P. caribaea*, incontournable par l'amélioration de ce dernier, est son adaptation aux sols mouilleux, totalement rédhitoires pour *P. caribaea*.

- Dans ce cas là, la mise en valeur des stations argileuses où le drainage est douteux (cas de Forêt plate par exemple) pourrait se faire par l'hybride *Pinus caribaea hondurensis* x *Pinus elliottii* qui a donné des résultats très intéressants en Australie dans ce type de milieux. Il est maintenant l'objectif de la majeure partie des plantations dans ce pays. Il ne saurait être question de lancer une production locale de cet hybride mais de tester les hybrides australiens et de les adopter pour ces stations si les tests sont concluants.

- *Pinus caribaea* a fait l'objet d'un long programme de recherche et d'amélioration en Nouvelle-Calédonie. Les travaux sur l'adaptation des variétés ont mis en évidence l'attrait de la variété continentale pour le programme d'amélioration en raison du potentiel et la variabilité qu'elles présentaient.

Les variétés insulaires, se sont montrées beaucoup plus sélectives quant aux sites où elles s'adaptaient mais conservaient un certain intérêt de principe en raison de leur forme souvent meilleure que celle de la variété continentale (graines tout-venant).

*Pinus caribaea* var. *bahamensis* : aux Iles Loyauté

*Pinus caribaea* var. *caribaea* : à l'Ile des pins ou sur certains sites de Tango.

- Par contre les limitations imposées par leur sélectivité quant au site, les difficultés d'approvisionnement en graines de qualités et le faible potentiel d'amélioration, ne permettent pas de la considérer comme un matériel de plantation pour un territoire de la taille de la Nouvelle Calédonie et surtout d'en faire une amélioration ou une production de graines.

### Conclusion 1

- Il ressort des résultats de la recherche sur ces espèces que seul *Pinus caribaea hondurensis* présente un potentiel important d'amélioration et d'utilisation en Nouvelle-Calédonie. L'utilisation de l'hybride *P.c.h.* x *P.e.* produit en Australie pourrait être une solution intéressante pour les sites argileux mal drainés en raison d'un relief trop peu marqué qui seraient souvent très favorables au niveau topographiques (p.e. Forêt plate).

## 2 Sélection des provenances :

Le travail qui a été mené sur les provenances a permis d'identifier celles qui présentaient le plus d'intérêt dans la situation calédonienne. Les provenances internes ont plutôt un avantage sur la vigueur (surtout la hauteur) : POPTUN PETEN et MOUNTAIN PINE RIDGE (MPR) ; les provenances côtières se démarquant en rectitude et en résistance au vent : MELINDA, GUANAJA, BRUS LAGON et RIO COCCO. A ces dernières, il faudrait ajouter les provenances côtières KUAKUIL et KARAWALA, non testées sur le territoire, qui se sont révélées les meilleures dans la majorité des essais internationaux où elles avaient été introduites.

Ces provenances côtières devraient être intégrées au programme d'amélioration en mobilisant les meilleurs arbres disponibles dans les essais et les plantations. Ces arbres devront être testés pour vérifier leur génotype et décider s'ils peuvent être intégrés à la population d'amélioration existante. Loïc Crémère identifiait trois difficultés à cela :

- ces clones provenant d'une population de base, il y a un retard de génération avec les autres clones déjà sélectionnés dont on connaît les résultats en TD.
  - ❖ En raison de l'arrêt actuel du programme d'amélioration, il serait possible de rattraper ce retard en testant immédiatement ces arbres et les intégrer, au vu de ces résultats dans la population d'amélioration testée potentielle en vue d'une reprise éventuelle de ce programme
- la rareté de la floraison femelle qui a été relevée sur les essais de provenances et qui empêcherait ces clones de participer efficacement à la production de graines dans un verger à pollinisation libre
  - ❖ ce point reste l'un des principaux qui se poseront. Mais la participation du pollen n'est pas impossible bien que beaucoup plus aléatoire à contrôler sauf dans le cas de dispositifs de pollinisation assistée ou dirigée.
- le faible nombre d'individus sélectionnés
  - ❖ il ne s'agit pas de faire une population séparée. Nous n'en avons pas les moyens. L'intégration de quelques individus très beaux dans la population existante sans tenir compte de l'origine n'est donc pas un écueil.

Une autre possibilité d'élargir la population de clones testés vers ces provenances, est d'intégrer, après test, les clones australiens connus et plantés sur le territoire : c'est le cas des lots de l'essai 516 de Forêt plate. Cet essai avait pour objectif initial la comparaison de certaines provenances internes et côtières ainsi que des croisements interne x côtière. Après analyses des premiers résultats sur la hauteur et les dégâts dus au vent, on s'aperçoit qu'il n'y a pas une logique de provenances mais bien de descendance. En fait, l'essai qui a été réalisé à partir de croisements contrôlés (sauf pour la provenance Karawala), ne regroupe pas des populations assez importantes pour pouvoir attribuer une représentativité de provenance à ces résultats et à classer les résultats selon les provenances. Nous sommes en présence d'une comparaison de plusieurs clones. Les meilleurs seront à conserver et à intégrer dans la population d'amélioration, surtout que leur résistance au vent mise à rude épreuve par BETI et DRENA semble assez intéressante. Une nouvelle campagne de mesure est toutefois indispensable en 2000 ou 2001 pour classer les familles tout en gardant bien en mémoire l'histoire des plantations de Forêt plate, ravagées par le bétail (versements, bris...) et les cyclones BETI et DRENA en 1996.

**Remarque :** l'état des plantations de Tango met en évidence l'importance primordiale de l'origine des graines. Deux parcelles dont les graines viennent de la même provenance peuvent avoir un aspect très différent. Dans les sélections d'arbres "+" effectuées par les agents du service forestier de la Province nord en 1998 (voir §3), neuf sur les onze plus beaux arbres identifiés à Tango se regroupent dans deux parcelles (provenances : POPTUN : 5 ; CAYO : 4) ! Cela met en évidence que la sélection d'individus à partir de lots commerciaux est très difficile et surtout que les caractères des individus s'imposent très nettement aux caractères moyens des provenances. Les résultats des comparaisons de provenances à partir des essais n'ont pas de validité dès qu'il n'est pas possible de maîtriser la récolte des graines dans l'aire.



### 3 Amélioration par sélection individuelle

#### 3.1 Arbres sélectionnés

La Nouvelle Calédonie s'est engagée sur cette voie dès 1974, par sélection dans les premières plantations importantes du service forestier dans le Sud, au Col d'Amieu et à l'Ile des pins. La sélection s'est faite à l'âge de 8 ans. La provenance de graines de ces plantations est essentiellement MOUNTAIN PINE RIDGE. En outre, des échanges importants ont été effectués avec les pays de la zone du Pacifique, particulièrement avec l'Australie qui a fourni les meilleurs clones (surtout en ce qui concerne la rectitude) de la collection.

Origine	Nombre	Origine supposée
N-C	77	MPR / POPTUN
Queensland	45	MPR
Congo	36	MPR
Fidji	20	MPR
Tahiti	3	MPR

Une seconde campagne de sélection d'arbres "+" a été réalisée en 1985 à Tango. Malheureusement, aucun des arbres sélectionné n'a été, ni mobilisé, ni testé. L'expérience de la première campagne et des résultats des tests nous montre que cette sélection à 8 ans aurait été probablement assez décevante ce qui est confirmé par le fait que lors des dernières prospections du service forestier, aucun de ces arbres n'ait été remarqué.

Une troisième sélection d'arbres "+" a été entreprise en 1990-1991 à partir des relevés systématiques réalisés dans le cadre du mémoire sur l'amélioration génétique en NC (EHRHART, 1989). Ils ont été repris par Loïc CREMIERE qui a sélectionné 34 arbres "+" potentiels : MELINDA : 18 ; SLILMA SIA : 6 ; GUANAJA : 5 ; BRUS LAGON : 3 ; SANTOS : 1 ; ALAMICAMBA : 1 (voir § 2 et Annexe 3). Une partie de ces arbres a été mobilisée dans l'essai 423 de Ouénarou transformé en parc à clone occasionnel. Malheureusement une partie de ces clones ont été détruits lors de cyclones et il ne reste que très peu de clones vigoureux. La mobilisation de ces arbres est donc une priorité si la production locale de graines de qualité reste un objectif des services provinciaux. Il est d'ailleurs fort possible qu'une partie d'entre eux ait disparu après les derniers cyclones.

Une nouvelle campagne de mobilisation devrait donc être réalisée pour les regrouper réellement après une sélection sévère. Comme la constitution d'une population côtière pure n'est pas à envisager, il faudra se contenter des très beaux arbres et non pas chercher à avoir une importante population potentielle de clones. Par contre, comme ces arbres sont surtout issus des lots fournis par le Oxford Forestry Institute pour les essais internationaux, les graines ont directement été récoltées par l'OFI sur des arbres bien sélectionnés et leur potentiel est important. Cette mobilisation n'est donc pas à négliger.

Une quatrième sélection a été réalisée par les agents du service forestier de la Province nord à qui il a été demandé de décrire tous les très beaux arbres qu'ils repéraient dans les plantations. Sans pouvoir prétendre que cette opération a été exhaustive, surtout à Tango, elle a permis de passer en revue une grande partie des arbres potentiellement intéressants. Ils devaient être dominants et ne présenter aucun défaut de forme. Seuls des petits défauts de branchaison étaient tolérés. Cette sélection a permis l'identification de 11 arbres à Tango et 10 arbres à Néhoué. En outre, comme nous le citons au paragraphe 2, la répartition de ces arbres n'était pas aléatoire puisque à Tango, neuf de ces arbres se situaient dans deux parcelles dont

l'aspect général est très bon. L'origine du lot de graines est donc un facteur très important. Il limite très fortement l'intensité de la sélection puisque sur la majorité des surfaces plantées, la mauvaise origine, sûrement due à une mauvaise sélection des arbres grainiers, implique une telle différence de niveau de sélection qu'elles sont quasiment éliminées *de facto*.

Cette sélection a permis de retenir des arbres des provenances internes POPTUN et CAYO (proche de POPTUN) ainsi qu'un arbre dont le lot de graines est originaire du Queensland : l'origine de la provenance est donc probablement MPR, la plus utilisée dans le programme d'amélioration de ce pays.

Ces arbres devraient maintenant être mobilisés en parc à clones et testés pour bien contrôler leur AGC avant de les intégrer dans la future population d'amélioration potentielle ou dans une population de production.

### 3.2 Test du matériel récolté : test de descendance

#### 3.2.1 Première génération (1979)

Les premiers arbres "+" sélectionnés ont fait l'objet de récoltes de graines sur ortets dans le peuplement d'origine (cas des arbres calédoniens) ou sur ramets (pour de nombreux clones australiens). Les deux premiers tests de descendance ont été installés en 1979 et leur dépouillement réalisé en 1989. Ils ont permis la comparaison et le classement de 124 descendance libres et 76 descendance contrôlées sur de nombreux critères quantitatifs et qualitatifs et de déterminer certains caractères génétiques pour ces critères. Ces caractères ont permis la sélection sur index (famille x individu) des meilleurs clones et de définir plusieurs options d'amélioration et de production de graines pour l'avenir.

Les descendance calédoniennes se caractérisent par une bonne vigueur alors que celles d'Australie se remarquent par leur rectitude. Il fait aussi ressortir un croisement contrôlé exceptionnel et deux très bons. La comparaison avec les résultats australiens sur les mêmes clones montre une assez bonne stabilité d'ensemble pour un bon nombre d'entre eux, donc une interaction famille x milieu assez faible.

La combinaison des résultats australiens et calédoniens (TD 232 et 233) nous permet de éliminer d'une éventuelle future population d'amélioration une série de clones aux performances mauvaises à médiocres (voir annexe). De même, parmi les 33 familles open qui se situent au-dessus de la moyenne de l'essai tant en rectitude qu'en vigueur, 24 d'entre elles ont été sélectionnées pour le verger de production de graine de Pocquereux. Les autres ont été éliminées essentiellement en raison de leur sensibilité marquée au vent.

#### 3.2.2 Seconde génération (1987 à 1994)

Les premiers de ces TD (1987 et 1989), tous situés sur terrains ultrabasiques, comparent des croisements contrôlés. 39 mères et 22 pères ont été testés soit sur plan factoriel pour certain (cas de 8 mères et 3 pères), soit sans plan de croisement bien défini pour d'autres. Ils ont permis d'identifier plusieurs clones possédant une bonne AGC en ce qui concerne la hauteur, en tant que mère ou en tant que père et de souligner les clones dont l'AGC est mauvaise.

bons parents femelles: AMI 5, AMI 6, AMI 7, AMI 14, AMI 19, OUE 38, PIR 28, CH 6-64

bons parents mâles: IDP 61, BAT 30, CH4-18, OUE37, CH4-176, CH6-38, CH4-57

Ces performances sont confirmées dans les différents TD, localisés sur deux sites. Par contre, **ces lots de graines sont issus de croisements réalisés avant l'analyse du TD de familles "open" de première génération** et les résultats de ce dernier n'étaient donc pas encore pris en compte dans le choix des parents. En effet, de la liste précédente, seuls OUE 37 et IDP 61 se situent au-dessus de la moyenne générale du TD de descendance libres en vigueur et rectitude, et tous deux sensibles à très sensibles au vent. Les autres sont soit franchement mauvais (non loin de la moyenne des lots commerciaux témoins) soit bon en vigueur mais de mauvaise rectitude (PIR 28, BAT 30), soit droits mais peu vigoureux (CH 4-57) soit encore non testés. Lors de la sélection des clones sur les caractères conjoints de hauteur (ou du volume de l'arbre moyen) et de rectitude, certains des clones cités ci-dessus ont même été éliminés en raison de leur trop mauvaise rectitude !

Par contre, les derniers TD : essai 503, 504 de Païta, 505 de Maré, 515 et par extension 516 de Forêt plate ; regroupent des clones parents beaucoup plus intéressants mais inconnus, et devront être analysés afin de bien en définir les paramètres.

Malheureusement, les essais 503 & 504 ont été très fortement abîmés par le cyclone BETI et les dernières mesures réalisées juste après ce météore ne concernent que les caractères quantitatifs. L'essai a été abandonné. Par contre, dans le cas de familles ou de croisements particulièrement performants repérés à partir des autres dispositifs, un retour pour une mobilisation de matériel végétal parmi celui qui a résisté au cyclone est toujours envisageable.

L'essai 505 de Maré a été analysé et présente quelques belles familles. Il est cependant réduit. Comme il a été conçu comme un peuplement grainier, une éclaircie génétique et individuelle a été réalisée sur papier, mais pas encore effectuée en raison du retrait de la province du dispositif du mandat. Elle devient **très urgente** afin que les arbres puissent s'étoffer et produire réellement des graines.

C'est surtout celui de Forêt plate (essai 515), qui malgré les dégâts dont il a été l'objet de la part des bovins et des cyclones, présente le plus de potentiel en raison de son importance. Les résultats à 3 ans ont été traités mais uniquement pour la hauteur. De nouvelles mesures devraient être réalisées en 2000 ou 2001, prenant en compte la rectitude du tronc et la branchaison pour pouvoir faire une analyse intéressante des clones concernés.

Il faut aussi inclure dans cette catégorie l'essai 516, qui compare des croisements contrôlés de clones de provenances internes, côtières et des deux. Si son intérêt en tant que comparaison des caractéristiques des provenances n'est pas très fort en raison des limitations déjà évoquées, certains des croisements semblent très intéressants sur les critères de hauteur et de résistance au vent. Il devra donc être considéré sous l'aspect de l'identification de clones performant. Là aussi, des mesures en 2000/2001 sont souhaitables, en prenant en compte la rectitude qui n'a pas encore été évaluée.

### 3.2.3 Troisième génération

En l'état actuel du programme d'amélioration qui a atteint un palier avec la création du verger de Pocquereux et une volonté apparentes des services forestiers de ne pas poursuivre cet effort dans l'immédiat, il s'agit surtout de bien conserver ce qui a été testé et de finir la sélection grâce aux derniers TD qui pourront encore donner des résultats : cas de Forêt plate.



Par contre, il sera important que les produits du verger à graines de Pocquereux soient testés dès que la majorité des arbres commencera à porter des fruits. Il faudra comparer les descendance des 24 clones (mélange de la récolte de toutes les répétitions de chaque clone) afin de bien connaître leur valeur effective et de pouvoir ainsi moduler la qualité des lots fournis en fonction de l'importance en volume de la demande

### **3.3 Mobilisation du matériel végétal: état actuel et avenir**

#### **3.3.1 Verger à graines de production**

La mobilisation du verger à graine n'est pas encore complètement finie mais elle devrait rapidement être bouclée, maintenant que les clones du parc 538 de Païta commencent à avoir suffisamment de vigueur pour permettre des récoltes aisées de greffons.

#### **3.3.2 Parcs à clones**

La pérennisation de la production de graines en Nouvelle-Calédonie nécessite le maintien d'une collection de clones plus vaste que celle mobilisée dans le verger de production de graines. Tous les clones qui se sont montrés intéressants en TD mais qui n'ont pas été sélectionnés pour la population de production doivent être conservés pour l'étape suivante. Or les parcs à clones actuels ("verger" 125 et "verger" 180 ) commencent à vieillir et certains clones sont réduits à l'unité, ce qui les menace de disparition à court terme en cas de cyclone. Il est donc important que les clones les plus intéressants soient mobilisés dans de nouveaux parcs. En outre, un certain nombre de clones de ces parcs n'ont pas été testés. Dans une mesure de précaution, tous ceux qui sont dans ce cas devront être mobilisés.

En outre, les quelques arbres "+" potentiels identifiés dans les essais de descendance et les plantations de Tango et de Néhoué devraient également être récoltés et greffés en parc à clone.

Cette mobilisation est le point le plus urgent à mettre en œuvre dès que le Centre de semences forestières pourra compter à nouveau sur une équipe de terrain plus opérationnelle

### **3.4 Production végétative de plants de qualité**

Ce volet qui avait été fortement développé grâce aux travaux de LACLAU et GARROUSTE est désormais sans application. Les résultats et les techniques de multiplication sont disponibles mais la technicité que nécessite cette production ne permet pas de l'envisager actuellement sur le territoire. C'est toutefois une voie qui ne doit pas être oubliée car une fois que les pépiniéristes auront acquis la technicité nécessaire, ce pourrait être une voie envisageable (c'est celle qui a été choisie en Australie où bientôt la quasi-totalité des nouvelles plantations à partir des hybrides P.c.h. x P.e. sera issue de boutures de clones très performants).

**Remarque :** L'essai 514 planté dans le cadre du projet pilote de plantation de boutures à Forêt plate, a subi de nombreuses difficultés au départ (retard de plantation, dégâts de bovins, dégâts de cyclones), néanmoins, il semble être actuellement une des zones la plus intéressante parmi les jeunes plantations de ce site. Une vérification de ses performances en croissance et en forme serait à réaliser dans le futur afin de la comparer aux plantations



environnantes de même âge et ayant suivi le même itinéraire technique et calendrier. Cela pourrait donner des éléments intéressants en faveur de cette méthode.

### 3.4 Contexte actuel et avenir du programme d'amélioration et de production de graines

#### 3.5.1 Production de graines

La reprise rapide des plantations de pinus en Province nord va nécessiter la fourniture de graines de qualité en quantité de plus en plus importantes. Cette production devrait être aisément couverte par le verger de Pocquereux lorsque celui-ci arrivera en pleine production dans quelques années. Néanmoins jusque là l'approvisionnement sera toujours relativement problématique et lié au parc à clone 180 de Champ de bataille.

Néanmoins, une solution de rechange sera envisageable pour attendre la production de Pocquereux : utiliser le parc à clone 538 du jardin d'expérimentation de Païta. Ce dispositif, qui a été mis en place pour conserver les clones produits en vue du verger qui prenait du retard, contient donc l'ensemble les 24 clones du verger de Pocquereux ainsi qu'un certain nombre d'autres, sélectionnés dans les test de descendance 232 et 233. La récolte de graines est envisageable à court terme et donnera des produits nettement meilleurs que ceux du parc à clone de Champ de bataille. Il faudra néanmoins prendre un certain nombre de précautions afin de limiter au minimum les auto-fécondations entre les copies du même clone qui sont côte à côte : **la récolte de graines sur les arbres isolés de leurs copies végétatives et ceux bien entourés sur trois côtés par d'autres clones.**

L'avance d'âge par rapport à Pocquereux devrait permettre de gagner trois ans dans la production de graines de qualité. Il est toutefois recommandé de ne l'utiliser qu'avec précaution.

Les travaux sur l'induction de la floraison devraient être repris pour que cette technique puisse être évaluée et appliquée si nécessaire dans le nouveau verger afin de le valoriser au mieux.

Par contre, il serait important sinon indispensable de procéder à la mise en place d'un second verger, peut-être plus réduit en surface, mais selon le même dispositif. En effet en cas de cyclone il constituerait une sécurité pour le matériel génétique conservé et aussi une source supplémentaire de graines en cas de destruction de la récolte du premier verger. Sa mise en place devrait se faire sur un terrain relativement proche de la section semence, de préférence sur sol ultrabasique où les pinus ont une fructification plus abondante que sur les sols fersiallitiques classiques. La mobilisation du matériel ne posera aucun problème puisque tous les clones seront disponibles sur le verger de Pocquereux, dans de très bonnes conditions de vigueur végétative et très facilement accessible. Une surface d'un hectare, soit 156 arbres (6 répétitions complètes des 24 clones) sur un espacement de 8 x 8, est suffisante. Elle devra être suffisamment isolée de tout autre peuplement de pin.

#### 3.5.2 Sauvegarde du patrimoine génétique actuel

La mise en place de nouveaux parcs à clones sur deux sites différents est indispensable à la durabilité du programme de fourniture de graines. Pour cela, en fonction du principe de

précaution ces deux sites devront être assez distants. Par contre, là aussi, l'un des deux parcs devra être suffisamment proche de la section semence pour pouvoir concevoir d'y procéder à des croisements contrôlés si une nouvelle phase d'amélioration se met en route. L'espacement de la plantation doit permettre de ne pas avoir à intervenir en éclaircie. Nous recommanderons un espacement de 6 m x 6 m (ils ne doivent théoriquement pas avoir un objectif de production de graines) . Il faut au moins 5 répétitions de chaque clone dans chaque site.

Le matériel à y regrouper :

- ❖ tous les clones intéressants pour un caractère donné qui n'ont pas été pris dans le verger
- ❖ les clones à évaluer sur le terrain avant la récolte et à mobiliser des essais de provenances qui ont été cités plus haut
- ❖ les clones les plus intéressants des essais 503, 504, 505, 515 et 516. Pour les essais 503 et 504, l'état de ces plantations ne permet pas de faire directement l'estimation de leurs caractères, par contre, les parcelles contenant les lots performants des autres essais qui se retrouveraient dans cet essai pourront être parcourues pour en mobiliser, si possible, des arbres exceptionnels qui pourraient s'y trouver et qui ont survécu le cyclone BETI.
- ❖ Une sélection des arbres "+" repérés par le service forestier de la Province nord dans les plantations de Tango et Néhoué après les avoir tous passé en revue.

### 3.5.3 Mise en place de tests de descendance

Les clones actuellement disponibles ou à mobiliser doivent être testés si cela n'a pas encore été fait. C'est essentiellement le cas pour

- ❖ les nouveaux arbres "+" identifiés par le service forestier de la Province nord, ainsi que les arbres "+" potentiels issus des essais de provenances ;
- ❖ un certain nombre de clones encore en collection dans les essais 125 et 180 n'ont pas encore été testés et ils devraient aussi l'être. Ce type de test pose quand même la question du type de pollinisation à réaliser car les populations où se trouve ces arbres sont très différentes. Une récolte de graines sur les arbres actuels ne permettrait pas de faire l'hypothèse d'un nuage de pollen homogène et les analyses seraient entachées d'un biais énorme ;
- ❖ le troisième type de test à pratiquer, et qui serait aussi très intéressant pour une gestion optimisée de la récolte de graines en fonction du volume de la demande, serait de tester les clones présents dans le verger en constituant des lots regroupant les produits de toutes les répétitions végétatives des clones présents dans le verger. Ce test permettrait de pouvoir caractériser les clones dans les conditions du verger et ainsi pouvoir sélectionner les clones de récolte les plus performants lorsque la production dépasse la demande. Comme ces graines sont appelées à former des populations de production uniquement, la restriction à un nombre plus réduit de clones n'a aucune importance ni d'un point de vue génétique, ni d'un point de vue sanitaire car la variabilité génétique sera toujours forte, même avec un nombre d'arbres mère assez réduit.

### 3.5.4 Suivi des essais actuellement en cours

Un certain nombre d'essai en cours présentent de l'intérêt bien que la majeure partie d'entre eux ait été conçue dans une optique de sortie variétale à partir de croisements contrôlés performants multipliés par bouturage.

Essai 515 : le plus intéressant car il regroupe les familles les plus performantes non encore utilisées. Son dispositif élaboré peut permettre de tirer des résultats très fins sur caractéristiques génétiques des clones testés.  
Les mesures de 1996 permettent une première analyse sur la hauteur à 3 ans et la mortalité

Essai 516 : il regroupe les croisements contenant des provenances côtières et des croisements côtière x interne : arbres sélectionnés en Australie et en Nouvelle Calédonie. Ce dispositif doit être étudié parallèlement à l'essai 515 pour la comparaison et la sélection des descendances et non comme un essai de provenance.  
Les mesures de 1996 permettent une première analyse sur la hauteur à 3 ans et la mortalité

**A faire**

Mesures en hauteur, circonférence et forme en tenant bien compte des dégâts importants subis en 2000. Agé de 7 ans, l'essai devrait pouvoir être analysé.

Après l'analyse de ces mesures une éclaircie à 50 % devrait être pratiquée afin que le peuplement ne prenne pas de retard sylvicole.

Essai 505 : situé à MARE. Cet essai ne contient que quelques familles et a un but de production de graine. Une éclaircie théorique sur papier a été réalisée mais non pas appliquée.

**A faire :**

Eclaircie réelle à partir de la préparation papier. Cette dernière doit servir de guide au martelage mais doit être modulée selon la réalité du terrain qui ne ressort pas toujours des chiffres pris en référence : branchaison, forme dont la notation est parfois sujette à caution.

Essai 503 et 504 : très abîmés par le cyclone, ils ne peuvent plus fournir de mesures analysables. Par contre, au vu des résultats des TD 515 et 516, les familles les plus performantes de ces derniers peuvent se trouver à Païta et une visite des parcelles concernées peut être intéressante dans le cadre d'une recherche de matériel à mobiliser.

**A faire :**

L'analyse des résultats des mesures sur la hauteur qui a été réalisée juste après le cyclone BETI en 1996 pourra peut-être donner des informations intéressantes sur ce caractère. Les données n'ont jamais été saisies. Le dispositif monoarbre du 504 nécessite une saisie soignée.

Essai 426, 427, 428 : ces essais ont été très fortement perturbés par plusieurs cyclones dès les premières années de leur plantation. Ils ont nécessité plusieurs redressements. Dans ce contexte, les résultats sont très difficiles à interpréter. En outre, le dispositif datant d'avant les résultats de l'analyse des TD 232 et 233, les parents des croisements contrôlés présentent un intérêt souvent moyen (mais pas toujours).

L'interprétation sur la hauteur et la circonférence de 1993 a fait l'objet d'un rapport (R. Nasi, 1995). En raison de l'arrêt actuel du programme amélioration



et surtout de la voie de multiplication par boutures, un suivi de ces essais ne semble pas important. Par contre, il n'y a **jamais eu aucune mesure en rectitude** et une dernière campagne, prenant surtout en compte la rectitude au delà du bas du tronc, très perturbé par les différents cyclones et redressements consécutifs, pourrait être très intéressante et mettrait sûrement de côté une bonne partie des clones intéressants sur la vigueur mis en évidence par les dernières analyses de R. Nasi.

**A faire :**

Mesure en circonférence et rectitude (en se concentrant surtout vers la partie supérieure du tronc, moins affectée par les cyclones). Analyse de ces résultats  
Eclaircie à 50 % de l'essai.

Ces opérations sont de seconde priorité par rapport à celles des essais 515 et 516.

Essai 469, 473 : ces essais se trouvent dans le même cas de figure que les précédents, tant au niveau de l'intérêt des croisements qui s'y trouvent que de celui des mesures réalisées. Il concerne essentiellement des parents dont les descendance open sont relativement peu performantes bien que certains croisements se soient révélés intéressants en hauteur. Une analyse de ce TD en circonférence et en rectitude serait intéressante à réaliser.

**A faire :**

Mesure en circonférence et rectitude (en se concentrant surtout vers la partie supérieure du tronc, moins affectée par les cyclones). Analyse de ces résultats  
Eclaircie à 50 % de l'essai.

Ces opérations sont de seconde priorité par rapport à celles des essais 515 et 516.

### 3.5.5 Suivi des parc à clone et du verger

**Ce suivi est le point principal de ce programme dans les années à venir.** L'objectif de production de graines de qualité grâce au verger de Pocquereux sera assurée dans quelques années, par contre, le principe de précaution indispensable dans le contexte du Pacifique soumis aux cyclones demande la réalisation d'un second verger de production.

En outre, le vieillissement des parc à clones actuels demande la création de nouveaux parcs pour y mobiliser à nouveau : les clones intéressants de parc à clones 125, 180 et 223 non présents en verger ou dans le parc à clone 538 de Païta ; les clones non testés des vieux parcs ; les arbres "+" des provenances côtières ; les arbres repérés par le service forestier de la Province nord.

#### Base de donnée clones

La constitution d'une base de données contenant tous les clones intéressants, leur localisation leur nombre et leur état sanitaire est à constituer, sur le modèle de celle qui a été réalisée pour le parc à clone 538 en réunissant celles des parc existants.

#### Verger de Pocquereux :

La mobilisation des derniers arbres devrait bientôt être finie.

Entretien du verger par désherbage chimique à pied d'arbre et par gyrobroyage ailleurs.

Prévoir le renouvellement des arbres les plus chétifs par des boutures vigoureuses.

#### Verger supplémentaire :

Il serait très important de pouvoir assurer ses arrières soit de dégâts cycloniques directs, soit de perte de production suite à des événements météorologiques en créant un second verger, assez proche du centre semence forestière et situé sur sol ultrabasique (meilleure fructification). Sa surface peut être plus réduite que celle de celui de Pocquereux et sa composition restreinte à un nombre moins important de clones (une dizaine serait suffisant). La mobilisation de ce matériel sera aisée puisque le verger et le parc à clones 538 de Païta seront vigoureux et possèdent les copies de tous ces clones.

#### Parc à clone 125, 180, 223 :

Mobilisation par greffage des clones intéressants ou non testés dans un parc à clone. Cette mobilisation doit être réalisée rapidement car les arbres vieillissent et rendent cette opération de plus en plus difficile. (voir le détail des clones à mobiliser en annexe)

Une fois cette mobilisation finie, le parc 223 pourra être abattu et libérer ainsi de la place à Païta.

#### Identification de terrains pour des parc à clones :

Cette recherche en lien avec les services forestier des provinces doit être réalisée dès que la campagne de mobilisation aura lieu. Comme ces dispositifs ne demandent pas d'isolement génétique, les zones disponibles peuvent être aisément trouvées. Là aussi, la proximité du Centre de semences forestières est nécessaire.

## **ANNEXE 1**

### **CIRAD - Forêt / Nouvelle-Calédonie**

#### **PRESENTATION DE L'AMELIORATION GENETIQUE DU PIN DES CARAÏBES**

Yves EHRHART

##### Préambule

Dans le cadre des "Contrats de développement" entre les Provinces Iles, Nord et Sud de Nouvelle-Calédonie et l'Etat français, le CIRAD-Mandat de Gestion est chargé de mettre en œuvre toute une série d'actions de recherche/développement définies en étroite collaboration entre les services ruraux provinciaux et les départements du CIRAD en Nouvelle-Calédonie. Parmi les neuf actions définies au niveau du CIRAD-Forêt, trois d'entre elles, plus ou moins distinctes, concernent directement les plantations de pin:

<u>Action 5:</u>	Sylviculture du Pin des Caraïbes;
<u>Action 6:</u>	Amélioration génétique du Pin des Caraïbes;
<u>Action 9:</u>	Valorisation des bois de première éclaircie des plantations de pin.

Par la suite, nous nous intéresserons principalement à l'Action 6.

##### Introduction

La Nouvelle-Calédonie est située dans l'Océan Pacifique à 1500 km à l'est de l'Australie, par 165° de Longitude Est et 22 ° de Latitude Sud. Elle constitue la pointe sud de l'arc mélanésien qui se compose d'un chapelet d'îles regroupant la Papouasie Nouvelle-Guinée, les Iles Salomon, Vanuatu et la Nouvelle Calédonie.

Le Territoire est formé par la Grande Terre, qui s'allonge sur 400 km pour 50 km de large au point le plus large selon une direction NO - SE. Le relief s'articule sur une chaîne longitudinale centrale fortement découpée par les vallées souvent encaissées. Son altitude moyenne (de 600 à 900m en général pour la partie métamorphique avec une pointe à 1628m et de l'ordre de 1000 m pour les massifs ultrabasiques avec aussi un point culminant à 1618m) et la proximité du tropique en rendent le climat frais avec des températures fréquemment inférieures à 10°C en fin de nuit pendant les mois de juin à août. La côte Est est abrupte et d'une largeur faible (souvent inférieure au kilomètre). Elle est soumise aux vents dominants d'Est et sa pluviosité est forte (>2000mm). La côte Ouest par contre est beaucoup plus large, composée de collines. Les précipitations peuvent y être très faibles (600 mm / an à La Tontouta).

La Grande terre est ponctuée au sud par l'île des Pins qui, contrairement aux îles de la Loyauté, est un lambeau du socle péridotitique du sud de la Grande terre. Elle est également bordée sur sa frange Est par l'archipel de la Loyauté composé de trois îles principales: Ouvéa, Lifou, Maré et d'une petite île: Tiga. Ces îles sont fortement différenciées de la Grande Terre tant par leur relief plat que par la composition des sols formés, soit sur calcaires récifaux exondés, soit sur ponces flottées recouvrant le calcaire, soit sur l'émergence de l'ancien socle volcanique, composé de roches basaltiques fortement altérées et recouvertes de sols dégradés et acides. Face à cette grande variété tant climatique que géologique, la palette pédologique est très large mais on peut regrouper ces milieux en trois grands ensembles assez nettement différenciés:

- les sols ferrallitiques développés sur péridotites et serpentines -dits "ultrabasiques"- qui recouvrent plus du tiers du territoire. Le plateau de l'île des Pins se rattache à cette unité. un corollaire à ces milieux est la caractéristique hypermagnésienne très forte des vallées et plaines alluviales en aval de ces massifs;
- les sols fersiallitiques de la chaîne centrale et de côte Ouest développés sur roches métamorphiques et volcaniques anciennes;



- les sols développés sur calcaire corallien aux îles et dans la frange sud-est de la Grande Terre.

Ces milieux ont des contraintes édaphiques et climatiques très fortes qui conditionnent fortement les choix des espèces et leurs performances dans des conditions atypiques au Pacifique insulaire. La grande majorité des zones de reboisement se trouve dans des pentes fortes, sur des sols dégradés et très peu fertiles. Dès qu'on s'éloigne de la chaîne on se heurte à l'agriculture vivrière de la cote Est ou à la sécheresse de la côte Ouest. En outre, la Nouvelle-Calédonie est située dans la zone de haute fréquence des cyclones dans le Pacifique Sud, surtout pour sa partie Nord qui est affectée d'un événement cyclonique annuel (en moyenne). Le dernier et non le moindre de ces facteurs limitants est le feu qui ravage régulièrement les plantations et est l'une des causes principales de l'échec de nombreuses plantations.

## 1 Choix des espèces

### 1.1 Objectifs demandés

Selon la demande initiale du service des forêts en 1960 : "les travaux porteront en priorité sur les conifères susceptibles de fournir du bois d'œuvre et d'industrie de qualité ayant une croissance rapide."

Les sols susceptibles d'être reboisés sont essentiellement des savanes à niaoulis dont le sol est dégradé et pauvre, avec des pentes fortes, excepté les plantations du plateau de l'île des Pins et des quelques plaines alluviales du Sud (ultrabasiques). La main d'œuvre est rare et chère. Les entretiens doivent donc être aussi réduits que possible et les interventions sylvicoles peu nombreuses. Ces contraintes nécessitent donc une espèce à forte croissance initiale, très frugale et facile à mener.

### 1.2 Les espèces testées:

Dès 1959 la mise en place d'arboretum permettait un premier classement entre les espèces introduites et permettait l'élimination de certaines espèces.

De 1971 à 1979 un certain nombre d'autres espèces fut essayé dans 22 essais et permirent de cribler les espèces qui n'avaient pas été éliminées d'emblée.

Sur l'ensemble des stations calédoniennes le choix s'est rapidement porté sur *Pinus caribaea* var. *hondurensis* dont la vigueur, la forme générale et la résistance au vent étaient bonnes dans l'ensemble. En outre, il présentait une variabilité importante et une bonne capacité à réagir aux éclaircies. Néanmoins, sur des stations particulières d'altitude ou mouilleuses, l'espèce *P. elliottii* se révélait très prometteuse tant en vigueur alors que sa rectitude et sa résistance au vent est meilleure que celle de *P.c.h.*

Une mention particulière pour l'hybride *P. caribaea* x *P. elliottii* potentiellement très prometteur dans les stations limites pour *P.c.h.* en altitude ou dans les terrains argileux peu pentus (mouilleux). Il va être installé prochainement.

<i>P.radiata</i>
<i>P.longifolia</i>
<i>P.canariensis</i>
<i>P.massoniana</i>
<i>P.merkusii</i>
<i>Cryptomeria japonica</i>
<i>Cunninghamia lanceolata</i>
<i>P.radiata</i>
<i>P.longifolia</i>

## 2 Choix des variétés et des provenances:

En 1973, trois essais internationaux de provenances / variétés de *P. caribaea* furent mis en place afin d'identifier celles qui seraient les plus adaptées et de modifier le plus vite possible, si nécessaire, le parti pris de commencer les plantations à grande échelle avec la provenance interne "Poptun Peten".

### 2.1 Les provenances / variétés testées

#### 2.1.1 Cas des variétés :

Les variétés insulaires se sont montrées intéressantes comparées à la variété continentale. En général leur forme et leur résistance au vent sont bien meilleures, même si on les compare à des lots améliorés. En ce qui concerne la vigueur, les meilleures provenances continentales les surpassent mais elles sont toujours à l'intérieur de la variabilité des provenances internes. En particulier, dans le cas des Iles Loyauté, la variété bahamensis et son hybride avec celle du continent surclassent toutes les provenances d'origine ou améliorées.

Par contre, elles présentent une forte homogénéité qui ne laisse présager que des gains réduits dans le cas d'une amélioration. En outre, leur population d'origine réduite, ne permet pas le recrutement d'une population d'amélioration conséquente.

En fonction de la destination des plantations il serait envisageable d'utiliser ces variétés pour des plantations réduites dans les îles ou en milieu mélanésien sur la Grande Terre où l'utilisation de poteau est importante et des éclaircies précoces mal perçues. Par contre, l'approvisionnement en graine est difficile et l'amélioration irréalisable surtout que celle de *P.c.h.* est déjà poussée et a donné des résultats très importants en Australie. Le choix des meilleures provenances de *P.c.h.* associé à une amélioration bien menée devrait permettre d'obtenir des résultats meilleurs que ceux possibles avec les variétés insulaires qui ne devraient pas être écartées pour autant mais la taille des plantations en Nouvelle-Calédonie ne permet pas non plus de se disperser sur trop de voies.

#### 2.1.2 Les provenances de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Les essais ont permis de mettre en évidence une meilleure croissance en hauteur des provenances internes POPTUN et MPR par rapport aux provenances côtières. Si on prend en compte la croissance en volume, ces dernières, plus trapues (GUANAJA, BRUS LAGON), se comportent mieux mais sans modifier ce classement. Pour ces deux critères, seule la provenance côtière MELINDA se rapproche des internes sur l'ensemble des sites après 10 ans, malgré une croissance initiale assez faible.

La rectitude permet aussi de différencier les provenances internes, dans l'ensemble meilleures que les côtières surtout dans de mauvaises conditions trophiques. Par contre, dans les bonnes stations leurs moyennes sont proches alors que MELINDA semble prendre le dessus sur les autres provenances devant ALAMICAMBA.

Parmi les provenances internes, POPTUN se démarque nettement des autres en hauteur et en rectitude et confirme *a posteriori* le choix initial pour les plantations de Tango.

Sur l'ensemble ces deux critères, la provenance interne améliorée BYFIELD (origine MPR) est mieux classée que toutes les provenances d'origines et montre bien l'amélioration importante qui peut être réalisée par rapport à la population d'origine.

La résistance au vent, caractère primordial en zone cyclonique, permet de faire ressortir les provenances côtières MELINDA et RIO COCCO par rapport aux autres. Les autres côtières ne

*P.c. caribaea*  
*P.c. bahamensis*  
*P.c.hond.x bah.*  
*P.caribaea* var. *hondurensis*  
 Provenances côtières  
 SANTOS PINE  
 MELINDA  
 GUANAJA  
 BRUS LAGON  
 RIO COCCO  
 ALAMICAMBA  
  
 Provenances internes  
 CAYO  
 MOUNTAIN PINE RIDGE  
 POPTUN  
 PINO LEJO  
 LOS LIMONES  
 SANTA CLARA  
 BYFIELD (or. MPR )  
 ILE DES PINS (or. POPTUN)

semblent pas plus résistantes que les provenances internes POPTUN et MPR. Ce dernier caractère permet peut-être d'expliquer l'avantage en rectitude de MELINDA sur les provenances internes POPTUN et MPR.

### 2.1.3 Conclusion et conséquences sur le programme d'amélioration

Le choix de la provenance POPTUN sur MPR, avant les résultats des essais fut judicieux. Lors du départ du programme, les provenances côtières n'étaient pas connues et leurs graines introuvables sur le marché. Par contre, au vu des résultats décrits ci-dessus, elles devraient être intégrées dans le programme d'amélioration pour apporter leurs caractères de croissance et surtout de résistance au vent. Dans ce cas, s'est surtout la provenance MELINDA qui doit être utilisée et sans écarter BRUS LAGON, ALAMICAMBA et GUANAJA. En outre, les provenances côtières non testées en Nouvelle-Calédonie qui surclassaient les autres provenances côtières et internes dans les essais internationaux devraient être testées: KUAKUIL, KARAWALA..

L'enseignement que nous pouvons aussi tirer de ces essais, en particulier des résultats de BYFIELD, est une bonne cohérence des résultats néo-calédoniens et australiens pour les clones améliorés australien qui permet de justifier et éventuellement d'amplifier les échanges de matériel sélectionné avec ce pays.

Un essai de comparaison de provenances internes et côtières ainsi que des croisements interne x côtière a été installé en 1993. Il a subi deux cyclones majeurs en 1996 et 1997 dont il a beaucoup souffert. Les mesures viennent d'être réalisées et nous espérons qu'elles permettront de statuer sur la résistance des provenances côtières vis-à-vis du vent. Malheureusement, cet essai, outre les avatars dus au vent, avait été déjà antérieurement abîmé par un troupeau de bovins sauvages en divagation et les résultats risquent d'en être affectés.

## 3 Amélioration par sélection individuelle

### 3.1 Sélection d'arbres +

La première génération d'arbres + a débuté en 1974 dans les plantations âgées de 8 ans dont la provenance est incertaine (supposée MPR et POPTUN) en fonction des lots de graines utilisés à l'époque. Cette première sélection est décrite dans le tableau ci-contre. Elle montre l'importance des échanges de matériel avec d'autres zones de plantation du pin des Caraïbes.

Origine	Nombre	Origine supposée
N-C	77	MPR / POPTUN
Queensland	45	MPR
Congo	36	MPR
Fidji	20	MPR

Un deuxième groupe d'arbres + a commencé à être identifiée et mobilisé en particulier pour constituer un embryon de clones d'origine côtière: provenance MELINDA. Cette provenance ne se trouve que dans quelques essais. L'intensité de sélection est donc faible (8%).

Une seconde génération d'arbre plus a commencé à être recrutée dans les tests de descendance open (plantés en 1979) des clones de la première génération. 34 individus très performants ont ainsi été sélectionnés. Leur mobilisation pose un gros problème en raison de l'état végétatif médiocre de ces essais, trop denses et aux arbres grêles.

### 3.2 Tests de descendance

#### 3.2.1 Première génération (1979)

Les premiers arbres + sélectionnés ont fait l'objet de récoltes de graines sur ortets dans le peuplement d'origine (cas des arbres calédoniens) ou sur ramets (pour de nombreux clones australiens). Les deux premiers tests de descendance ont été installés en 1979 et leur dépouillement réalisé en 1989. Ils ont permis la comparaison et le classement de 124 descendance libres et 76



descendances contrôlées sur de nombreux critères quantitatifs et qualitatifs et de déterminer certains caractères génétiques pour ces critères. Ces caractères ont permis la sélection sur index (famille x individu) des meilleurs clones et de définir plusieurs options d'amélioration et de production de graines pour l'avenir.

Les descendances calédoniennes se caractérisent par une bonne vigueur alors que les australiennes se remarquent par leur rectitude. Il fait aussi ressortir un croisement contrôlé exceptionnel et deux très bons. La comparaison avec les résultats australiens sur les mêmes clones montre une assez bonne stabilité d'ensemble pour un bon nombre d'entre eux, donc une interaction famille x milieu assez faible.

Les 33 familles open qui se situent au-dessus de la moyenne de l'essai tant en rectitude qu'en vigueur vont constituer la future population de production. En fait, plusieurs d'entre elles ont été éliminées en raison de leur sensibilité marquée au vent et la base de la population de production sera de 24 clones.

### 3.2.2 Seconde génération (1987 à 1993)

Les premiers de ces TD (1987 et 1989), tous situés sur terrains ultrabasiques, comparent des croisements contrôlés. 39 mères et 22 pères ont été testés soit sur plan factoriel pour certain (cas de 8 mères et 3 pères), soit sans plan de croisement bien défini pour d'autres. Ils ont permis d'identifier plusieurs clones possédant une bonne AGC en tant que mère ou en tant que père et de souligner les clones dont l'AGC est mauvaise.

bons parents femelles : AMI 5, AMI 6, AMI 7, AMI 14, AMI 19, OUE 38, PIR 28, CH 6-64

bons parents mâles : IDP 61, BAT 30, CH4-18, OUE37, CH4-176, CH6-38, CH4-57

Ces performances sont confirmées dans les différents TD, localisés sur deux sites. Ces lots de graines sont issus de croisements réalisés avant l'analyse du TD de première génération et les résultats de ce dernier ne sont donc pas encore pris en compte dans le choix des parents. En effet, de la liste précédente, seuls OUE 37 et IDP 61 sont au dessus de la moyenne générale du TD de descendances libres en vigueur et rectitude, et tous deux sensibles à très sensibles au vent. Les autres sont soit franchement mauvais (non loin de la moyenne des lots commerciaux témoins) soit bon en vigueur mais de mauvaise rectitude (PIR 28, BAT 30), soit droits mais peu vigoureux (CH 4-57) soit encore non testés.

Les TD ultérieurs ont été mesurés mais les résultats n'ont pas encore été exploités. Ils présentent l'intérêt d'être localisés dans des terrains très différents par rapport à ceux cités précédemment.

Tous ces TD ont été très fortement abîmé par le cyclone BETI en mars 1996 et plusieurs d'entre eux devront être abandonné. Des mesures ont été prises dans ces TD soit juste avant, soit juste après ce qui permettait d'évaluer les caractères même sur arbres fortement abîmés. Les analyses de ces mesures n'ont pas encore été faites. Elles permettront au moins d'une part une analyse de la résistance au vent des descendances et d'intégrer cette donnée dans les études ultérieures, d'autre part la définition des populations de production futures. En outre ce désastre va permettre, de voir si l'impact du cyclone sur les populations côtières est moindre que sur les descendances internes comme il en ressort des résultats des essais de provenances.

### 3.3 Stratégie d'amélioration proposée en 1992 par L.Crémière

Dans son étude de 1992 L. Crémière faisait plusieurs hypothèses de stratégies d'amélioration.

Au long terme: Option 1: sélection d'une population d'amélioration dans le TD 232 (60 clones)

- *elle se heurte à l'état végétatif et à la taille des arbres qui empêche la mobilisation de ces clones*

Option 2: constitution de la population d'amélioration à partir des parents F0 en vergers

- *plus rapide et mobilisation possible si les F0 existent encore*

- *perte de performance par rapport à des clones sélectionnés sur indice Famille x Individu dans le TD*

Au court terme:

Option 1: constitution d'un verger à graines de pollinisation libre de 35 à 40 clones sélectionnés sur indice dans le TD 232

- *cette option a les deux variantes exposées dans l'option à long terme et vise une variabilité génétique importante qui ne se justifie pas pour un objectif de production pur*

Option 2: verger de pollinisation contrôlée associée à de la multiplication végétative par bouturage

- *nécessite la connaissance de l'AGC des meilleurs clones identifiés, or les TD ont été fortement endommagés*
- *production importante de graines par croisements contrôlés et leur multiplication végétative par la suite: moyen humain importants*

Cette option se déroule en deux temps: d'abord à partir des F0 des 10 à 15 meilleurs clones femelles identifiés croisés avec une quinzaine des meilleurs clones F0 et F1 mâles non apparentés; ensuite, une fois les clones F1 testés sur tests polycross, les utiliser exclusivement.

### 3.4 Travaux actuels

#### 3.4.1 Option bouture

Cette dernière option avait été la voie privilégiée dans les années 1990 à 92 avec plusieurs études sur le bouturage et le rajeunissement du matériel végétal (LACLAU, 1990; GAROUSTE, 1991) en vue de production de masse de boutures. Les études de coût qui avaient été réalisées ont montré un surcoût très important de cette production par rapport à une production de semis mais une bonne rationalisation de cette production pourrait surmonter ce handicap. Par contre, la politique actuelle des services forestiers (surtout de la Province Sud) est une privatisation complète des opérations de production de plants et de plantations. Or les pépinières ont déjà de gros problèmes pour maîtriser la production de semis de pins! Il est totalement illusoire d'envisager de leur faire faire une production de boutures (sans même s'inquiéter du coût). Le deuxième facteur est le délai de plantation qui est souvent totalement imprévisible à plusieurs mois. Des boutures élevées dans des petits conteneurs ne supportent pas des retards de plantations et les risques d'échecs, tous autres facteurs étant contrôlés par ailleurs, sont importants.

Nous avons donc mis cette option en attente en concertation avec les Provinces conscientes des problèmes qu'elle soulève.

#### 3.4.2 Verger à graine de production

Ce projet a été mis en route en 1992 mais l'impossibilité dans laquelle s'est trouvée la Province Nord pour identifier un terrain convenable a retardé la récolte du matériel et la mise en place du verger.

Le choix initial de verger réalisé à partir d'une sélection sur index des clones (CREMIERE, 1992) a dû être révisé en raison de l'impossibilité de recruter le matériel végétal dans le TD dont les arbres sont beaucoup trop grêles et haut. Les rares greffons récoltés (quand il y en a) sont chétifs et la réussite du greffage aléatoire.

Nous avons dû nous tourner vers la mobilisation du matériel sur les parents F0. Néanmoins, comme un certain nombre de clones F1 ont été mobilisés (surtout dans le TD 233, beaucoup plus vigoureux mais contenant peu de familles intéressantes), ils seront utilisés en priorité dans le verger de production. Certains d'entre-eux sont des croisements contrôlés très performants dans les TD. Nous avons écarté les clones parents F0 ou demi-frères F1 de notre sélection.

Cette façon de procéder nous permettra d'avoir un petit plus par rapport à un verger F0 strict. En outre la taille de la population de production proposée était forte et posait aussi des problèmes de mobilisation. Nous l'avons ramené à 24 clones, ce qui est encore respectable pour une population de production pure.

### 3.4.3 Mobilisation du matériel testé en parc à clone

L'action principale après la réalisation du verger, sera de mobiliser dans des Parc à clone jeunes tout le matériel qui formera la population d'amélioration future et d'en conserver le pedigree. Ce travail a déjà débuté avec les clones de la population de production, mais devra être mené rapidement à terme avant que les cyclones ne nous aient détruit trop de clones dans les vergers actuels qui commencent à vieillir.

En outre, la mobilisation des nouveaux "Arbres +" côtiers identifiés dans les essais devra être réalisée de manière à les tester et à éventuellement les intégrer à notre population d'amélioration.

Une action d'amélioration génétique efficace nécessite une dynamique de plantation de la part des reboiseurs ainsi qu'une bonne disponibilité de terrains d'expérimentation. Actuellement, avec un rythme de plantation d'une centaine d'hectares par an, ces caractéristiques ne sont pas réunies et le niveau d'amélioration prévisible semble satisfaire les services forestiers demandeurs.

### 3.4.4 Main d'œuvre

Depuis le départ de L. Crémière notre équipe d'ouvriers s'est réduite à la portion congrue après le départ du technicien de terrain, la mort du deuxième chef d'équipe et le vieillissement des ouvriers, incapables désormais de s'aventurer hors de terrain plats! Il nous reste un ouvrier valide et encore peu enclin à sortir de son atelier.

Les opérations de mobilisation de croisement contrôlées demandent une main d'œuvre spécialisée et importante et dans notre état actuel, la seule mise en place du verger et la remise en état de notre collection de clone sature notre équipe et la situation actuelle du CIRAD Mandat de Gestion en Nouvelle-Calédonie ne présage aucune amélioration. Une vision très large de cette action comme elle était envisagée il y a seulement 5 ans n'est pas possible pour le moment. Alors il nous faut préserver l'avenir et mettre en place les moyens de repartir sur des bases saines si cette situation évolue dans le bon sens.

### 3.5.6 Perspectives d'avenir

Les plantations sont toujours une priorité en Province Sud surtout depuis que le bois de "Pinus" est enfin reconnu et apprécié. La Province Nord commence à gérer son massif de Tango après un effort d'identification des plantations gérables (élimination de près de 2/3 des surfaces plantées dans des conditions trop difficiles de pente et de sol!). Les plantations seront à nouveau à l'ordre du jour dans une dizaine d'années lorsque les coupes définitives seront entreprises. Il faut que d'ici là nous soyons en mesure de fournir la demande de graines et de réactiver une amélioration, dans des conditions qui auront sûrement changé (technicité des pépinières et des planteurs), les filières permettant de produire un matériel végétal de qualité.



### Références:

- CREMIERE L.: Bilan de l'amélioration génétique de *Pinus caribaea* en Nouvelle-Calédonie: perspectives de développement et propositions d'actions, CTFT/Nouvelle-Calédonie, Nouméa, juin 1986.
- CREMIERE L.: L'amélioration génétique des pins des Caraïbes en Nouvelle-Calédonie, CTFT/Nouvelle-Calédonie, Réunion "Amélioration du matériel végétal: 3-5 septembre 1990", Nouméa, août 1990.
- CREMIERE L.: Programme de recherche sur les pins en Nouvelle-Calédonie: les acquis et les objectifs à atteindre, CTFT/Nouvelle-Calédonie, Nouméa, juillet 1991 (a).
- CREMIERE L.: Manuel de reboisement: le point sur la sylviculture du pin des Caraïbes en Nouvelle-Calédonie, CTFT/Nouvelle-Calédonie, Nouméa, 1991 (b).
- CREMIERE L.: Le pin des Caraïbes en Nouvelle-Calédonie: étude des paramètres génétiques, CIRAD-Forêt/Nouvelle-Calédonie, Nouméa, 1992.
- CREMIERE L, EHRHART Y.: 30 ans d'introduction d'espèces de pins en Nouvelle-Calédonie, BFT n° 223, pp 3 - 23, CTFT, Nogent sur Marne, 1er trimestre 1990.
- EHRHART Y.: Exploration de la variabilité génétique de *Pinus caribaea hondurensis* en Nouvelle-Calédonie, CTFT/Nouvelle-Calédonie, Nouméa, septembre 1989.

### Clones constituant le verger de production en préparation

Nom	F 0	F 1
HB 5		X
CH 4-44	X	X
HIV 12	X	
AMI 65	X	X
CH 6-28	X?	
CH 6-17	X	X
CH 2-20	X	X
BAT 52		X
CH 4-76		X
CH 1-1	X	
BAT 54		+
BAT 56		X
CH 1-103		X
BAT 59		+
PIR 43	X	X
CH 6-25		X?
D 3	X	
NH 5		X?
AMI 13 x OUE 37		X
AMI 14 x CH 4-57		X
PIR 40		X
NH 1	X	X
CH 6-29	X	X
CH 6-66	X	X

X mobilisé;  
 X? F1 dans le verger 180, à mobiliser;  
 + à mobiliser dans le TD 232;

#### Remarques:

certains clones n'ont pas encore été mobilisés en raison de leur absence des vergers existants (destruction par cyclone de toutes les copies F0). La récolte dans le TD 232 étant difficile et aléatoire, leur mobilisation reste sujette à caution (BAT 54, BAT 59).

2 certains clones n'existent en verger que sous la forme de descendance (F1). Leurs demi-frères sélectionnés du TD 232 ne sont pas récoltables en raison de leur mauvais état végétatif. Pour des très bonnes descendance nous utiliserons certains de ces arbres non évalués individuellement lorsque leur aspect phénotypique est bon (CH 6-28)

## ANNEXE 2

### **CIRAD - Forêt / Nouvelle-Calédonie**

### **PRESENTATION DE L'AMELIORATION GENETIQUE DU PIN DES CARAÏBES**

**Période de 1995 à 1997**

#### Préambule

Dans le cadre des "Contrats de développement" entre les Provinces Iles, Nord et Sud de Nouvelle-Calédonie et l'Etat français, le Mandat de Gestion est chargé de mettre en œuvre toute une série d'actions de recherche/développement définies en étroite collaboration entre les services ruraux provinciaux et les départements du CIRAD en Nouvelle-Calédonie. Parmi les neuf actions définies au niveau du Projet Forêt du Mandat de Gestion, trois d'entre elles, plus ou moins distinctes, concernent directement les plantations de pin:

- Action 5: Sylviculture du Pin des Caraïbes;
- Action 6: Amélioration génétique du Pin des Caraïbes;
- Action 9: Valorisation des bois de première éclaircie des plantations de pin.

Par la suite, nous nous intéresserons principalement à l'Action 6.

#### **Amélioration génétique du Pin des Caraïbes en Nouvelle-Calédonie (1995-1997)**

##### 1 Problématique

##### 1.1 à long terme

##### 1.1.1 Politique

- déficit de la balance du commerce des bois (10% du marché pour les bois locaux);
- production quasi nulle de bois de structure: définition des espèces;
- maintenir une activité en "brousse " pour éviter l'exode rural et distribution de richesses aux tribus (*aspect social et électoral très fort*) d'où l'aberration apparente de certains projet anciens.;
- changement des objectifs dans le temps: sciage ---> pâte ---> sciages... et politiques forestières différentes selon les Provinces concernée;
- foncier: les rares zones aux conditions de maîtrise du foncier, de topographie, édaphiques et météorologiques idoines ont pratiquement été plantées. Les plantations actuelles s'élèvent à une centaine d'hectare par an. Il n'y a donc pas de dynamique d'entraînement de la recherche par les plantations, des crédits relativement limités et un manque de terres favorables à la mise place d'essais.

Sur ces facteurs il est difficile d'avoir une action. Celle-ci est surtout basée sur une information de longue haleine auprès hommes politiques et des décideurs.

##### 1.1.2 Technique

- plantations en zones dégradées (savanes à niaoulis) dont la fertilité et l'accès sont mauvais;
- dans les zones de plantation les précipitations sont extrêmement variables (800 à 2000 mm);
- la zone est fréquemment soumise aux cyclones et dépressions tropicales qui provoquent des dégâts importants dans les peuplements forestiers.

Ces facteurs définissent les caractères des espèces et provenances à identifier puis lors de l'amélioration, ceux à favoriser dans la sélection.

- choix: adaptabilité aux sols et aux différences de plantations;
- forte croissance, rectitude et résistance au vents.



### 1.1.3 Historique

- choix initial d'une provenance interne par facilité d'approvisionnement en graines alors que certaines provenances côtières semblent meilleures: comment les intégrer au programme d'amélioration en cours?
- développement d'une option "bouturage" il y a quelques années qui n'est pas encore adaptée aux possibilités locales de production en raison de la faible technicité des pépiniéristes. Elle a dû être momentanément mise en veilleuse.

### 1.2 à court terme (sur les actions définies pour la période 1995)

- sélection de descendances et de croisements contrôlés malgré la destruction des essais récents (tests de descendances et de comparaison des provenances) par les cyclones;
- production de graines de qualité mais indécision locale, sur le choix du terrain à fournir pour le verger à graines de production (critères techniques mais aussi politiques);
- mise en valeurs par plantation de terrains en situations marginales par rapport aux exigences de *Pinus caribaea*;
- disparition de notre équipe de terrain par mutations, décès et vieillissement qui, avec la situation financière actuelle du Mandat de gestion, ne nous permet plus de travaux de terrain d'envergure (en particulier pollinisation contrôlée), nous cantonnant difficilement dans l'entretien et les mesures de l'existant.

Les deux premiers points provoquent d'une part un retard important de la mise en place du verger avec les conséquences sur la gestion de la mobilisation du matériel végétal qui a dû être "stocké" en parc à clones au fur et mesure des reports du verger et d'autre part une perte énorme d'informations sur les essais installés ces 10 dernières années en matière d'amélioration (perte sûrement irrémédiable pour les plus jeunes dans lesquels de nombreuses descendances libres ou contrôlées étaient testées pour la première fois et en totalité).

## 2 Objectifs

- tester les descendances inconnues;
- détermination des AGC des clones qui ont été croisés, en particulier ceux dont les descendances se sont avérées très performantes dans les tests de descendances (TD) libres;
- identifications des croisements contrôlés très performants et multiplication végétative;
- tester les hybrides *P. caribaea* x *P. elliottii* pour les zones où P.c.h. est mal adapté: zones d'altitude, zones mouilleuses;
- intégration des provenances côtières au programme d'amélioration;
- mise en place d'un verger de production de graines;
- sélection et mobilisation de la nouvelle population d'amélioration: nouveaux parc à clones, identification de nouveaux arbres + (côtières et 2<sup>ème</sup> génération de plantations: Tango: provenance POPTUN).

## 3 Travaux en cours

- sélection des clones pour la population de production:
  - \* problèmes de récolte sur arbres sélectionnés dans les TD par index Famille x individu qui ont nécessité la modification des schémas proposés en 1991:
    - + récoltes du maximum de matériel F1 sur TD,
    - + récoltes complémentaires F0 sur vergers et Parcs à clones;
- recensement des clones existants après cyclones dans les vergers et parcs à clones;
- mobilisation dans un nouveau parc à clones des clones intéressants, en priorité pour la population de production en attente du greffage dans le nouveau verger (sauver les clones déjà mobilisés dans ce but) , et en second urgence ceux de la future population d'amélioration;
- analyse des résultats des TD de croisements contrôlés:
  - + détermination de l'AGC des clones, souvent locaux, dont les croisements, antérieurs à l'analyse des TD libres, ne tiennent pas compte des résultats de ces derniers;

- + comparaisons des nouveaux croisements contrôlés ultérieurs aux résultats des TD;
- tests de descendance côtières et croisements contrôlés interne x côtières locales et australiennes;

ces derniers TD et essais de provenances sont fortement compromis par le passage du cyclone BETI en 1996 mais nous espérons des résultats probants sur le comportement au vent, facteur principal de l'intérêt escompté des provenances côtières.

#### 4 Résultats obtenus

- définition de la population de production pour les plantations des vingt années à venir (modifiée par rapport au travail initial de L. Crémère en raison de l'impossibilité de mobiliser une bonne partie des clones F1 sélectionnés sur index dans les TD.);
- mise en place du verger à graine de production (reporté à fin 1997 en raison des intempéries en 05-06-07/971997)
- identification des clones bon ou mauvais vis à vis de l'AGC (mais dans les croisements antérieurs aux résultats des TD: peu d'entre eux sont issus des meilleures familles, au moins pour les locaux. Les analyses en cours des TD les plus récents devraient permettre ce travail pour des croisements issus de familles performantes dans les TD.

#### 5 Partenaires

Service forestier de la Province nord: Direction du développement rural et de la pêche  
Service des forêts, du bois et de l'environnement

(ils sont pour l'instant satisfaits du niveau d'amélioration prévisible obtenu et n'envisagent pas une poursuite trop poussée de cette étude dans l'immédiat)

Service forestier de la Province sud: Direction du développement rural  
Sous direction des productions végétales et forestières  
Service forestier, quasiment restreint aux plantations.

Il n'y a plus qu'une exploitation en forêt naturelle qui va arrêter dans un proche futur et se reconvertir au pin uniquement. Les forêts naturelles tombent dans l'escarcelle d'un nouveau service des parcs et réserves.

Plus d'opération dans la Province des îles, qui avec un taux de couverture forestière nettement plus important que sur la Grande Terre, n'a plus de service forestier. En matière d'amélioration, nous y suivons un TD, reliquat d'un semblant de volonté de politique forestière il y a 4 ans, qui sera transformé en verger de production de graine en cas...

#### 6 Avenir

##### 6.1 Proche

production de graines améliorées  
analyser les résultats des TD encore exploitables  
mobiliser le matériel végétal intéressant pour la population d'amélioration

##### 6.2 plus lointain

- identification des objectifs à long terme et définition d'une population d'amélioration;
- tester les hybrides *P. caribaea* x *P. elliotii* en lien avec les Australiens qui les ont déjà beaucoup expérimentés;
- mise en place de plans de croisements entre les meilleurs clones, identification de croisements contrôlés très performants;
- être prêts à réactiver la voie du bouturage en fonction de la demande des Provinces (uniquement lorsque la technicité des pépinières sera suffisante).

## SYLVICULTURE DU PIN DES CARAIBES EN NOUVELLE-CALEDONIE

### 1 Rapides considérations sur la qualité du bois.

Les différentes études réalisées sur *Pinus caribaea hondurensis* ont mis en évidence les bonnes (souvent meilleures) caractéristiques technologiques de cette espèce comparées à celles des résineux plus connus comme *P. radiata* ou *P. sylvestris*. Elles sont largement suffisantes pour les utilisations envisagées (structures légères, charpentes, menuiserie, poteaux...).

En fait, pour les types d'utilisation envisagés de ces bois, les caractéristiques intrinsèques (mesurées sur une éprouvette) ont une faible influence sur les caractéristiques finales en comparaison de celle des singularités du bois comme le nombre de nœuds et leur taille, la flexuosité du fil.... Ces dernières sont en grande partie contrôlables par la sylviculture appliquée aux plantations et leur protection contre certains fléaux (feux, gros animaux, parasites...).

Les singularités les plus importantes sont :

- les nœuds (diamètre, vivant/mort, espacement, nombre par arrivé) : qui jouent sur la résistance de l'avivé et son esthétique ;
- la flexuosité du fil : qui peuvent provoquer des déformations de l'avivé au séchage et une perte de la résistance à la flexion en raison de la section des fibres ;
- des imprégnations de résine : elles provoquent des différences de comportement du matériau dans l'avivé qui sont préjudiciables aux caractéristiques globales de la pièce. Leur impact sur l'esthétique et la tenue des peintures est important.

Ces caractères sont visibles à l'œil nu, et un classement visuel serait aisément réalisable et suffisant pour la définition des qualités et l'utilisation des avivés. Il demanderait une étude préalable de détermination de ces qualités (singularités, dimensions) en lien avec les utilisateurs de ces produits qui devrait conduire à une norme visuelle de classement définissant les caractéristiques générales des pièces qui y appartiennent et leurs utilisations possibles.

Nous donnons ci-dessous les principales caractéristiques technologiques pour les espèces *Pinus caribaea hondurensis* et *Pinus radiata* de Nouvelle-Zélande. Elles ont été déterminées lors d'une expérimentation à Wallis en 1996. La croissance y est forte et les caractéristiques de *P. caribaea* y sont sûrement légèrement moins favorables qu'en Nouvelle-Calédonie. Les avivés de *P. radiata* proviennent d'un lot de bonne qualité (classement CTBA 3a : charpente traditionnelle) du commerce.

CARACTERISTIQUES	<i>P. caribaea</i> (Wallis)	<i>P. radiata</i> (N <sup>elle</sup> -Zélande)
Densité	0,57 (léger)	0,45 (léger)
Dureté	2,5 (tendre)	1,2 (très tendre)
Retrait tangentiel total	7,3 % (moyen)	7,7 % (moyen)
Retrait radial total	4,5 % (moyen)	3,9 % (moyen)
Sensibilité aux variations d'humidité	2,5 % (faible)	2,4 % (faible)
Module d'élasticité longitudinal	10 170 Mpa (moyen)	7 640 Mpa (moyen)

Source : Etude de la propriété des pins de plantation du territoire de Wallis et Futuna, 1997.



## 2 Conséquence sur la sylviculture

- Contrôle des nœuds : (taille, nombre, état) :
  - densité de plantation
  - amélioration génétique (élimination des grosses branches et verticilles mal conformés)
  - réalisation à **temps** d'un ou de plusieurs élagages
- Limitation de la flexuosité :
  - qualité des plants sortant de pépinière
    - meilleure croissance en hauteur garante d'une meilleure rectitude ;
    - meilleur ancrage au sol par un bon système racinaire ;
  - amélioration génétique : c'est l'un des caractères principaux de sélection ;
  - qualité de la réalisation de la plantation pour favoriser le départ vertical du plant et son enracinement (bonne trouaison, mise en terre soignée) ;
  - désherbage chimique initial et d'entretien pour éliminer la concurrence et ainsi favoriser une croissance dynamique en hauteur et un bon ancrage au sol.
- Imprégnations de résines : ce sont des réactions traumatiques soit à des blessures soit aux feux dont la surveillance et la prévention doivent être bien organisées.

## 3 La préparation des sols

Deux cas se présentent : soit la mécanisation dans les terrains plats ou faiblement pentus (surtout dans les terrains ultrabasiques) soit, dans les pentes trop fortes, une préparation à la plantation entièrement manuelle.

### 3.1 Préparation mécanisée :

Cette préparation a été bien décrite dans le "Manuel de reboisement"<sup>1</sup> et nous n'allons pas la reprendre néanmoins, dans les sols ultrabasiques dont la fertilité est limitée à la couche humique, il est important de ne pas trop perturber cette dernière par le retournement des couches superficielles du sol. Cela implique donc un travail soigné de défrichage ne touchant pas à la terre et de proscrire le labour profond au bénéfice de travaux de décompactage profonds (sous-solage) associés à des travaux superficiels de finitions (chisel ou cover-crop).

### 3.2 Préparation manuelle :

Après débroussaillage des lignes de plantation et dévitalisation en plein des niaoulis préexistants, une zone d'au moins 50 cm de rayon autour de l'emplacement du futur plant est désherbé de façon à éliminer les racines vivantes. L'intervention se fait soit chimiquement (voir plus loin) soit par binage. Le travail du sol proprement dit consiste en un façonnage d'un trou d'au moins 20 cm de côté et de 30 cm de profondeur utile. La terre y est ensuite remise après élimination

<sup>1</sup> Manuel de reboisement : Le point sur la sylviculture du pin des Caraïbes en Nouvelle Calédonie, Loïc CREMIERE , 1991, CIRAD-Forêt/Nouvelle-Calédonie.

des cailloux. La terre superficielle provenant de l'amont du trou peut être utilisée pour combler le trou pour profiter des couches superficielles humiques et de meilleure structure, surtout si les couches profondes sont très argileuses ou compactes.

#### **4 Elimination de la concurrence herbacée (en préparation)**

Cette phase est sûrement la plus importante pour une bonne réussite d'une plantation, surtout dans les zones de savane à niaoulis. En terrain ultrabasique, la strate herbacée est beaucoup moins vigoureuse et son traitement, même s'il est important, n'a pas le même caractère de priorité absolue.

Par leur système racinaire dense, les graminées opposent un obstacle physique au développement des racines et imposent une concurrence sévère pour l'alimentation hydrique et minérale des plants. Elles doivent donc impérativement être détruites avant la plantation au moins dans un rayon de 50 cm autour de chaque plant. Les entretiens suivants nécessitent de maintenir cette zone propre pendant au moins 2 ans jusqu'à ce que le système racinaire des arbres soit bien établi.

Cette élimination ne doit pas se faire par simple coupe de l'herbe qui n'apporte qu'un court répit vis à vis de la concurrence hydrique et minérale avant que la situation n'empire rapidement. Le simple débroussaie classique, au sable ou au gyrobroyeur, s'il protège de l'étouffement aérien et peut limiter les risques de feu, n'améliore pas les conditions du développement racinaire du plant.

Les solutions à envisager sont donc de deux ordres : soit une élimination mécanique des adventices, soit leur élimination chimique.

##### **4.1 Elimination mécanique :**

Elle est aisée dans les chantiers mécanisables et va de pair avec la préparation du terrain. Le passage du cover-crop après le sous-solage joue ce rôle en pulvérisant les systèmes racinaires superficiels. Par contre, ce passage doit se faire peu de temps avant la plantation afin que le bénéfice de cette technique soit maximum. Dans le cas contraire, l'action chimique devrait être envisagée. Cette méthode n'a pas une efficacité longue (3 à 6 mois selon la période) puisque dès le travail du terrain terminé, les graines présentent dans le sol vont germer. Il est donc fortement conseillé d'appliquer un désherbant de prélevée en application localisée autour de l'emplacement du plant juste avant la mise en terre (voir "Contrôle chimique" plus loin).

Sur les chantiers non mécanisables, seul le sarclage sur un rayon d'au moins 50 cm autour de l'emplacement du plant est faisable. C'est une opération lourde et très dispendieuse en main d'œuvre difficilement envisageable en Nouvelle-Calédonie en raison de son coût. Par contre, elle s'avère nécessaire si le recours aux désherbants n'est pas choisi.

##### **4.2 Utilisation du feu contrôlé :**

S'il facilite le travail en laissant le sol propre et permet un apport non négligeable de substances minérales rapidement assimilables, il provoque une repousse vigoureuse des herbacées après quelques mois. Il favorise souvent également le développement d'autres

espèces telles que les sensibles dont l'envahissement est extrêmement dommageable pour le milieu et pour les interventions sylvicoles dans la plantation. Il nécessite donc la mise en œuvre d'une des techniques déjà citées.

En outre, dans un pays où le comportement des individus face au feu est très délicat, l'effet de contre exemple serait déplorable. Il est donc important de ne pas y avoir recours.

### 4.3 Désherbage chimique

#### Remarque :

Il n'est pas question de faire un apport important de ces produits dans le milieu. Leur utilisation raisonnée est de mise avec des applications localisées et non en plein (par cercles ou lignes permettant le traitement d'une faible proportion de la surface –quantité de matière active réduite à l'hectare- et empêchant le ruissellement des produits sur le sol) et des interventions peu fréquentes. Elles sont en outre limitées au deux ou trois premières années de la vie du peuplement. Il n'y a aucune commune mesure avec l'impact que pourrait avoir sur le milieu un usage agricole de ces produits

Moins coûteuse que l'intervention manuelle pied à pied et d'une efficacité bien meilleure si sa mise en œuvre est faite dans de bonnes conditions par des personnes formées, cette méthode devrait voir son utilisation généralisée. En effet, le désherbage chimique bien conçu permet une élimination des végétaux existants avant la plantation et un contrôle ultérieur très efficace jusqu'à ce que le plant ait atteint un âge suffisant pour ne plus craindre la concurrence. Il nécessite par contre une bonne technicité lors de son application et le choix à la matière active afin de ne provoquer aucune gêne sur le plant forestier.

#### Sur terrains préparés mécaniquement :

La végétation initiale ayant été détruite par la préparation du sol, le désherbant doit empêcher le développement des graines dans le sol au pourtour immédiat du plant (diamètre de 1 mètre). Il n'est pas question de l'appliquer en plein car le recrû de la végétation est important pour la protection du sol contre le ruissellement. Les produits utilisés sont des produits empêchant la prélevée des graines avec une rémanence assez longue (6 à 8 mois). Leur sélectivité doit empêcher toute perturbation du développement racinaire du plant. Application par arrosage ou pulvérisation de la quantité nécessaire à l'emplacement du plant sur une surface d'un mètre carré : (soit un traitement de 1 000 m<sup>2</sup>/ha).

**SIMAZINE** : bonne efficacité et rémanence de ce produit (10 mois). Il est plus cher que l'Atrazine et difficilement disponible. Son utilisation ne demande pas de précaution particulière vis à vis du système racinaire du plant comme l'Atrazine.

**ATRAZINE** : produit efficace, peu cher et disponible sur le territoire. Il nécessite néanmoins une certaine attention lors de la plantation afin que le système racinaire du plant ne soit pas en contact direct avec le sol récemment traité (ne pas traiter le trou de plantation ou attendre 2 ou 3 semaines entre le traitement et la plantation).

L'application doit se faire lorsque le sol est humide et avant des précipitations modérées. Ces deux produits sont très peu toxiques pour l'homme\*.

\* Atrazine : DL 50 pour le rat par ingestion : 3080 mg/kg

Simazine : DL 50 pour le rat par ingestion > 10 000 mg/kg



## Zones préparées manuellement

Le traitement se fait en deux temps :

### Première phase

Si la hauteur de la végétation permet un déplacement aidé dans la parcelle, le désherbage peut se faire sans travail préalable, après le jalonnement des lignes de plantation. Il se fait soit par point sur au moins 1 m<sup>2</sup> à chaque futur emplacement de plant lorsque la végétation est assez basse -cette méthode nécessite la matérialisation préalable des emplacements des plants- ; soit par ligne d'une largeur de 1 m dans le cas contraire. Cela permettra un déplacement plus facile lors de la plantation.

Si la végétation est trop haute pour permettre des déplacements dans de bonnes conditions, l'ouverture de layons de progression au sabre sera nécessaire avant le traitement. Dans ce cas, un désherbage par ligne est fortement conseillé.

Ce traitement devant être le plus large possible et devant permettre une élimination complète de tous les végétaux vivants lors de l'application, il doit être réalisé avec des matières actives non sélectives, de préférence systémiques. Il est important de bien faire attention au stade de croissance des graminées afin qu'il soit le plus efficace possible. Ce stade varie en fonction de la matière utilisée.

**GLYPHOSATE** : systémique non sélectif à pénétration foliaire uniquement (aucune rémanence). Il doit être appliqué avec un agent mouillant selon les directives du fabricant, sur herbe en fin de croissance. Pas de pluie pendant 6 heures après application.  
Ce produit est très peu toxique pour l'homme\*.

**HEXAZINONE** : systémique et résiduel à absorption racinaire. Il nécessite de préférence un dégagement préalable pour permettre une bonne pénétration du sol. Au moins une heure sans pluie après application mais précipitations nécessaires par la suite pour une bonne efficacité

### Deuxième phase

Une fois la végétation sèche et rabattue, lors de la trouaison la zone autour du trou est débarrassée de la végétation sèche pour que le sol soit dénudé et un désherbant de prélevée est appliqué dans la même modalité qu'après préparation mécanique : atrazine, simazine.

## **5 Contrôle de la végétation adventice en entretien**

Ces interventions de dégagement des parcelles sont nécessaires les deux premières années suivant la plantation jusqu'à une hauteur moyenne de  $H_m = 3m$ . Par la suite, la concurrence n'est plus si cruciale et les dégagements changent d'objectif. Le dégagement à pied d'arbre si important au départ pour lutter contre la concurrence racinaire peut être abandonné. Les dégagements des interlignes, quand ils sont réalisés (mécanisation essentiellement) restent les seuls à être pratiqués. En fonction des contraintes extérieures : envahissement par une

\* Glyphosate : DL50 rats par ingestion : 4900 mg/kg

Hexazinone : DL 50 rats par ingestion : 1690 mg/kg

végétation très gênante pour la pénétration, risques de feux, ... leur fréquence peut être réduite à supprimée dès que le couvert du peuplement commence à réguler la végétation adventice.

### 5.1 Zones mécanisables

Le seul essai de comparaison entre un gyrobroyage et un passage de cover-crop, à Néhoué, a montré l'avantage de la seconde méthode. Elle nécessite néanmoins bonnes conditions de plantation afin d'empêcher des déviations de l'outil roulant (bonne préparation initiale du sol). Elle permet d'une part une destruction des systèmes racinaires superficiels des herbacées qui joue pleinement son rôle de suppression de la concurrence pour une période assez longue et d'autre part la pulvérisation des couches superficielles du sol qui empêche l'évaporation directe et l'incorporation au sol du mulch ce qui en facilite la décomposition et son assimilation par les arbres.

#### 5.1.1 : intervention mécanique

Il est conseillé de procéder à un passage croisé de cover-crop. Par contre, seule l'interligne est traitée et une intervention manuelle est nécessaire au pied de chaque plant pendant 2 ans pour en éliminer la concurrence herbacée.

#### 5.1.2 : intervention à pied d'arbre

Elle se fera soit par sarclage avec les inconvénients déjà évoqués, soit par traitement chimique autour du plant. Cette deuxième opération permettant de dégager le plant, il est possible de n'envisager qu'un passage simple et non croisé de cover-crop. Dès que le plant s'est bien installé et qu'il atteint 2 m, son système racinaire n'est plus tributaire de la végétation proche et le simple passage du cover-crop suffit.

L'intervention chimique nécessite beaucoup plus de soins dans son application afin de ne pas endommager les plants. Ces mesures de précautions doivent être prises même avec des désherbants sélectifs pour éviter tout dégât en cas d'erreur de dosage par l'ouvrier applicateur. Nous recommandons l'utilisation de produits sélectifs systémiques associés à des sélectifs résiduels pour allonger la périodicité des traitements.

Les précautions à prendre :

- intervention avant que l'herbe ne soit trop haute (pas plus de 20 cm) les plants sont visibles.
- utilisation de buses directionnelles bien réglées
- l'usage de cache n'est pas conseillé car il apporte une gêne qui peut se trouver plus importante que la protection qu'il apporte sachant que le produit utilisé est sélectif.

Les produits recommandés sont les suivants :

**ATRAZINE** : il doit être appliqué dès que les adventices recommencent à pousser. Son action foliaire lui permet d'éliminer en partie les jeunes adventices, son action est essentiellement de prélevée.

**HEXAZINONE** : systémique et résiduel à absorption racinaire. Sa sélectivité pour les pins peut être réduite en cas de sols très légers et sans humus (rare en NC), sur jeunes plants ou plants en mauvais état sanitaire. Il doit être testé avant toute application. Application en période pluvieuse mais pas de pluie durant l'heure qui suit le traitement.

**HALOXYFOP** : uniquement sur herbes. Herbicide systémique à absorption foliaire. Il n'a pas de rémanence.

**ATTENTION** : Ces produits doivent néanmoins être testés dans les conditions de terrain pour bien vérifier leur innocuité sur le pin des Caraïbes

### Précautions générales d'utilisation des désherbants.

L'usage de produits chimiques doit suivre un certain nombre de règles de précaution de manière à avoir un impact minimum sur le milieu et sur les hommes qui les emploient qui doivent être formés à un tel emploi et respecter scrupuleusement les règles de sécurité.

- respect des doses conseillées et des modes d'application. Certains produits sélectifs deviennent dangereux pour le pin en cas de température trop élevée ou de sol trop léger.
- zone de mélange et de préparation sur une plate-forme, éloignée de tout ruisseau même temporaire.
- travail par temps calme (pas de vent, pas de risque de pluie)
- éviter les épandages près des cours d'eau
- règles strictes de stockage, de procédures de nettoyages et d'élimination des déchets.

La mise en œuvre par zone autour de l'arbre limite fortement les risques de développement d'espèces différentes de celle traitée qui pourraient être aussi mauvaise que l'herbe (sensitive). En outre l'application simultanée d'un désherbage rémanent de pré-émergence (Simazine) limite ce risque et prolonge l'efficacité du traitement.

**Les règles de sécurité pour les hommes doivent être strictement respectées.**

## **7 Fertilisation**

### **7.1 Généralités**

Les quelques essais de fertilisation réalisés montrent que cette pratique doit être fortement modulée selon les terrains considérés.

**Règle générale 1 : la fertilisation doit obligatoirement aller de paire avec un bon désherbage.**

Cette règle est essentielle afin de ne pas avoir un effet inverse de celui souhaité en favorisant la végétation herbacée au détriment du plant installée. Un bon désherbage chimique a un effet sur la croissance des plants souvent supérieur à une fertilisation, même bien conçue, appliquée après un désherbage mal réalisé.

De manière générale, de par le monde, la fertilisation des pins est très pratiquée. La frugalité de ces espèces leur permet de croître sur des sols très pauvres qui sont de ce fait souvent fortement carencés ce qui nécessite cette fertilisation. Les besoins des pins sont très forts en phosphore alors que ceux concernant les autres éléments sont nettement moins marqués, sauf en cas de carence sévère.

Les caractéristiques des sols tropicaux, souvent très riches en oxydes de fer, provoquent un blocage rapide des éléments minéraux apporté, surtout le phosphore. La fertilisation est donc fortement liée à cette caractéristique et les apports doivent être rapidement disponibles et



utilisés par le plant pour ne pas voir la plus grande partie de l'apport bloqué par le fer ou lessivé par les pluies. Ces différents points vont servir de guide aux techniques proposées.

#### En Australie :

Les travaux réalisés sur *P. caribaea* var. *hondurensis* dans des sols plutôt sableux ont montré l'importance de l'apport en phosphore alors que le potassium n'apporte aucun effet significatif. L'effet de l'azote, lorsqu'il est associé à une fumure phosphorique est assez faible sur la croissance à court terme, par contre, statistiquement les plantations qui en ont reçu lors de l'installation se sont révélées plus stables en cas de cyclone. Ce phénomène serait lié à une stimulation de la croissance du système racinaire qui se développe mieux et favorise ainsi la stabilité des arbres.

Les différentes modalités de fertilisation de regonflement en cours de rotation n'ont pas apporté un effet important, sauf pour des cas très spécifiques de carences très marquées en éléments rares (exemple de la carence en zinc sur *Pinus khasia* à Madagascar), et se sont surtout révélées économiquement défavorables : l'investissement supplémentaire et son coût financier se révélant supérieur à la valeur du gain en volume obtenu.

Les travaux récents du CSIRO<sup>2</sup> sur la fertilisation de différentes espèces tropicales soulignent aussi que l'utilisation de plants qui ont pu avoir un régime nutritionnel optimum en pépinière est beaucoup plus efficace pour la croissance initiale des plants au champ qu'une fertilisation "starter" à la plantation. Cette forte croissance initiale au champ est très importante car c'est à ce moment que les plants auront les meilleures conditions de croissance racinaire en raison du travail du sol.

#### En Nouvelle-Calédonie :

- Les essais anciens sur sols non ultrabasiques ont surtout concerné les sols fersiallitiques développés sur les schistes argileux des savanes à niaoulis de la chaîne centrale. Ils ont montré un effet non significatif à négatif de la fertilisation sur la croissance des plants. Or ces essais n'ont pas bénéficié de préparation du terrain et surtout le désherbage n'a été effectué qu'au sabre. La concurrence herbacée favorisée par cet apport d'engrais, sous quelque formulation qu'elle soit, a eu un effet dépressif sur la croissance des plants et toute autre interprétation n'a pas de signification statistique.
- Sur sols ultrabasiques, classiquement préparés mécaniquement et où la végétation graminéenne n'a pas une forte vigueur, les résultats sont très marqués. Que ce soient les essais anciens ou l'essai 524 à Champ de bataille, qui intervient sur une plantation en deuxième rotation de pins, la fertilisation s'est montrée très bénéfique. Les résultats de ce dernier essai, le seul factoriel qui ait été mis en place fait ressortir de façon très forte l'importance du phosphore dont le gain en croissance en fonction de la dose est encore marqué pour des doses de 120 g de  $P_2O_5$  (sous forme de super triple) par plant. L'effet de l'azote et de la potasse n'est pas significatif. Ces doses sont bien supérieures aux usages actuels en terme de fertilisation qui sont proposés par Loïc CREMIERE dans le manuel de 1991.

<sup>2</sup> Paul REDDELL & Mike WEBB, CSIRO, Atherton, Queensland

**Règle générale 2 : la fertilisation ne donnera son plein effet qu'avec des plants vigoureux, au système racinaire bien développé et parfaitement conformé. Ils doivent être plantés à l'âge optimum et en saison idoine.**

## 7.2 Pratiques de fertilisation

Dans l'état actuel des connaissances, nous distinguerons deux cas : les terrains ultrabasiques des plaines alluviales du sud et les terrains métamorphiques et sédimentaires de la chaîne et de son piedmont.

### 7.2.1 Les terrains ultrabasiques des plaines alluviales du Sud :

Les terrains sont préparés mécaniquement :

- L'apport de phosphore est indispensable. En raison du caractère très ferrique de ces sols, le blocage par le fer est important. Il est donc souhaitable que l'apport soit fait sous une formulation rapidement assimilable et à proximité des plants.
- L'apport en azote, bien que statistiquement non significatif dans l'essai 524, est recommandé à la foi des résultats australiens.
- Le potassium ne semble pas apporter d'effet.
- Méthodes d'application :
  - Application individuelle autour du plant : En raison du blocage rapide des éléments par le sol il est préférable de les concentrer dans les zones proches des plants pour que ces derniers puissent en profiter rapidement avant qu'ils ne soient plus assimilables. L'engrais est répandu, un mois après la plantation, en cercle autour du plant à une distance de vingt centimètres du plant et sur une largeur de vingt à trente centimètres. **Il doit obligatoirement être enfoui** pour en éviter le transport par l'eau et surtout la dégradation par le soleil et, dans le cas de l'azote, son évaporation.

Par plant :

Super triple (47 % de $P_2O_5$ )	: 250 à 300 g
Urée (46 % de N)	: 40 g

Ces doses ne considèrent que les résultats brut sur la croissance et non l'aspect économique faisant intervenir le coût de l'engrais investi sur la durée de la vie de la plantation et le gain en valeur qu'il permet à terme.

- Application mécanisée en plein : une fumure de fond en plein est envisageable pour le phosphore uniquement mais elle est sûrement moins efficace en terme de quantités

En plein l'hectare :

Super triple (47 % de  $P_2O_5$ ) : 900 kg/ha

épandues/gain de croissance car une bonne partie des éléments aura été lessivée ou bloquée lorsque les systèmes racinaires auront colonisé tout l'espace disponible. Une solution intermédiaire pourrait être trouvée par un épandage mécanisé sur la ligne de

plant avec un épandeur/enfouisseur sur une largeur de 1 m. Mais ceci nécessite un très bon état de surface du sol. Cet épandage se fait avant plantation.

Dans ce cas, il n'y a pas d'apport d'azote qui, s'il est envisagé, doit être obligatoirement localisé donc manuel avec enfouissement. Il n'y a donc aucune raison d'utiliser un épandage mécanique s'il faut repasser en manuel par la suite.

L'apport des autres éléments se fait par l'intermédiaire des soins apportés au plant en pépinière. Les résultats australiens sont formels sur ce point : un plant bien vigoureux qui a bénéficié d'un apport minéral optimum en pépinière mais non fertilisé au champ y surpasse toujours un plant 'classique' fertilisé au champ. Lorsque ces conditions pourront être réelles en Nouvelle-Calédonie (nouveau conteneur, nouveau substrat) l'apport de la fertilisation au champ pourra se limiter à l'apport indispensable de phosphore.

### 7.2.2 Les terrains fersiallitiques de la chaîne

Les résultats obtenus ne permettent pas de préconiser la fertilisation. Par contre, avec les méthodes culturales proposées, la croissance des arbres devrait s'en ressentir notablement surtout lorsque des plants de très bonne qualité pourront être produits. Leur fertilisation de pépinière suffira pour leur donner une croissance initiale soutenue. Dans ces conditions, une expérimentation vis à vis d'un apport localisé de phosphore pourra alors être menée pour en tester l'intérêt.

## 8 Plantation

### 8.1 Epoque :

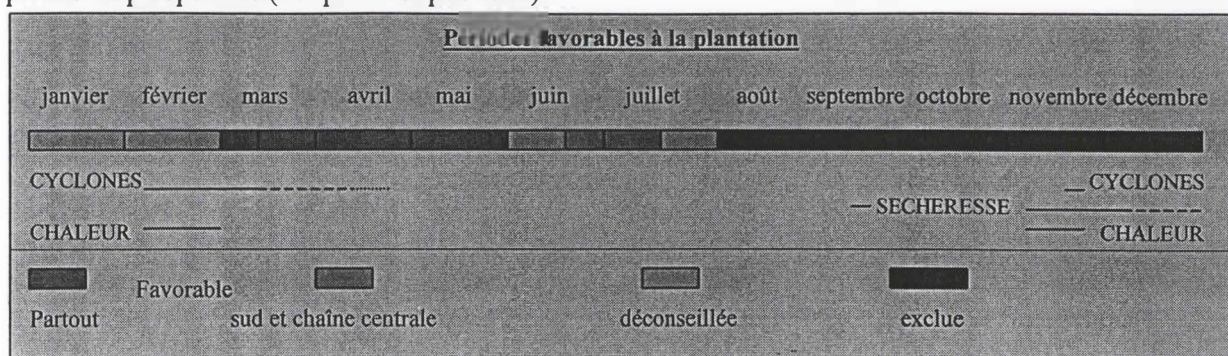
La plantation doit se faire de façon que les plants abordent la saison sèche avec un système racinaire suffisamment développé pour qu'ils ne souffrent pas trop du déficit hydrique. Les racines doivent avoir le temps de prospecter l'espace le plus important tant que le bénéfice du travail mécanique du sol, s'il a été fait, et de l'absence de concurrence herbacée se fait ressentir. En fonction de la localisation de la plantation cette période variera. En outre, il est préférable d'éviter la période de trop fortes chaleurs de la saison chaude, surtout si le sol a été préparé en plein. En effet la moindre période sans pluie même assez courte –ce qui n'est pas rare- devient alors dangereuse pour les jeunes plants complètement exposés au soleil et au vent. En outre, le risque de passage de dépressions cycloniques qui seraient alors très dévastatrice sur les trop jeunes plants est élevé.

La période la plus favorable est celle de mars à mai, et jusqu'à la fin juin. Elle ne devrait pas aller au-delà de la mi-juillet pour les stations les mieux arrosées (sud, chaîne centrale), alors que pour le Nord, dont la saison sèche est plus longue, les plantations devraient être finies pour mai et au plus tard la mi-juin.

La période d'août à novembre/décembre est à exclure, et celle qui suit (décembre/février) à éviter très fortement en raison des risques cycloniques et des risques dus à la forte insolation



et une évaporation trop intense qui imposerait un stress hydrique trop fort aux plants en cas de pluies trop espacées (ce qui n'est pas rare).



- arrosage important des plants juste avant la plantation ;
- **sectionner les 3 cm inférieurs du conteneur** pour éliminer les déformations racinaires du fond ;
- faire des traits longitudinaux au cutter pour sectionner les racines qui tournent ;
- faire attention à ce que la motte ne se désagrège pas.

Le trou est réalisé à l'aide d'un plantoir dans la terre meuble du pôtet préparé et le plant y est installé de manière que **l'axe soit parfaitement vertical** (attention aux terrains en pente qui induisent une erreur d'appréciation). Le trou est rempli avec de la terre qui est tassée à la main. La motte contenant le plant doit être recouverte par une couche de terre de 2 à 3 cm indispensable pour éviter, soit un déchaussement, soit un effet mèche qui induirait le mort du plant ou, tout au moins une croissance très perturbée. Par contre le plant ne doit pas être trop enterré non plus car les risques de mortalité seraient très élevés. Après plantation, le pôtet doit encore faire une légère cuvette a fin de mieux retenir l'eau.

Dès que les nouvelles techniques de pépinière seront au point, l'usage d'un autre type de conteneur modifiera légèrement ces prescriptions et facilitera grandement la mise en terre en limitant la manipulation.

## 9 Sylviculture du pin.

### 9.0 Préambule :

La sylviculture d'un peuplement est définie par un équilibre entre différents facteurs, souvent antagonistes, découlant de la qualité des produits escomptés, des aspects écologiques, de la sylviculture idéale optimum pour la production de bois et des moyens disponibles en hommes et en argent tant pour l'application de la sylviculture que pour l'exploitation et l'utilisation des produits.

De cet équilibre il faut définir les règles sylvicoles optimum qui permettent un revenu maximum, tous facteurs inclus. Les conditions économiques locales imposant un coût de main d'œuvre très élevé, tant en ce qui concerne le coût des travaux et les coûts d'extraction et de transformation des produits, nécessite des interventions réduites, aussi peu dispendieuses que possible. Seuls les produits qui peuvent être utilisés en poteaux ou en sciage peuvent



escompter trouver preneur et encore souvent à un coût marginal. En outre, le suivi des plantations pouvant être aléatoire les règles édictées doivent permettre de pallier des retards sans trop perturber le développement de la plantation.

La sylviculture que nous proposons se base donc sur les éléments suivants :

- nombre réduit d'interventions en éclaircie pour limiter les coûts ;
- produits utilisables uniquement en poteaux et sciage ;
- produit final à objectif de menuiserie et belle charpente ;
- la faculté de *P. caribaea* var. *hondurensis*, espèce très plastique, à bien réagir aux éclaircies même très fortes ;
- les éclaircies de faible intensité semblent assez peu efficaces sur la croissance du peuplement.

Les règles découlent des résultats de la recherche en Nouvelle-Calédonie mais aussi des règles sylvicoles appliquées à cette espèce en Australie.

### 9.1 Densité initiale :

La densité de la plantation permet de contrôler la rapidité de fermeture du peuplement, stade où l'on peut estimer que la production globale de biomasse est maximum, et la concurrence entre les arbres qui va ralentir leur croissance individuelle, provoquer la mort des branches basse et limiter la croissance des branches moyennes. Un certain nombre d'arbres doivent être coupés pour cette raison. Cette opération, l'éclaircie permet ainsi une sélection qui se traduit par des peuplements finaux de qualité. Dans les peuplements à partir de graines tout-venant de l'aire d'origine la variabilité est forte et de nombreux arbres présentent des défauts sérieux. Le taux de sélection doit alors être élevé ce qui impose, pour un peuplement final d'une densité donnée, une densité initiale forte, et des produits d'éclaircie non commercialisable car trop mauvais. La production de graines améliorées permet d'admettre un taux de sélection beaucoup plus faible et les produits intermédiaires peuvent escompter trouver une utilisation. Elle autorise donc des densités initiales faibles.

D'un point de vue économique, la densité initiale va directement influencer le coût de la plantation, des entretiens ainsi que l'âge du peuplement lors de la première intervention.

<b>densité recommandée :</b>	<b>950 à 1000 t/ha</b>
<b>soit un espacement de :</b>	<b>3,50 m x 3,00m</b>

- L'espacement rectangulaire favorise un gain de déplacement dans la plantation, donc de coût.
- La densité est déterminée afin que lors de la première intervention (dépressage), la concurrence n'aie pas encore commencé à se manifester sur la croissance en diamètre des arbres.

### Première intervention sylvicole :

Lorsque les arbres atteignent une hauteur moyenne :  $H_m = 6 \text{ m}$ ,  
ou une hauteur dominante :  $H_o = 7 \text{ m}$ ,  
le diamètre moyen est de l'ordre de  $D_m = 10 \text{ cm}$  et l'âge se situe entre 4 et 5 ans selon la fertilité de la station :

$H_m = 6 \text{ m}$  ( $H_o = 7 \text{ m}$  et  $D_m \approx 10 \text{ cm}$ )

**débroussage en plein**

**dépressage fort :  $I_N \approx 50\%$**

**densité restante :  $500 \text{ t / ha}$**

A cet âge la densité initiale commence à peine à induire une concurrence entre les arbres. De ce fait, le peuplement n'est pas encore structuré et la sélection est encore aisée et **positive**. Les principaux aléas qui affectent les jeunes plants et provoquent des déformations, se sont déjà produits (dégât d'animaux, déformation dues à la pente, à une mauvaise plantation, aux cyclones...). Il en est de même pour les défauts génétiques (paniers de verticales, fourchues, sinuosité, insertion des branches) qui se sont souvent déjà exprimés. Une sélection forte à ce moment là prend déjà en compte une tige de 6 m, longueur dans laquelle se concentre la majeure partie de la valeur de l'arbre final. Nous avons alors une assez bonne prédiction de la valeur finale de l'arbre.

**Critères de choix** : sont éliminés en priorité les arbres présentant :

- un défaut de forme (sinuosité, courbure local)
- une fourchaison,
- des verticilles très importants,
- puis, sur le critère de croissance avec élimination des plus faibles

En outre, le diamètre à cet âge est encore suffisamment faible pour permettre une exploitation rapide, pour une grande partie au tamioc (diamètre  $< 10 \text{ cm}$  pour la plus part) ou à la petite tronçonneuse. Les produits sont abandonnés sur le terrain après démontage.

**Remarque importante** : une action positive vis à vis des plus beaux arbres doit être mise en œuvre : ils doivent bénéficier de l'éclaircie. Dans la pratique, dans un peuplement homogène de bonne venue, il faut essayer de se rapprocher d'une éclaircie systématique 1 arbre sur 2. Tout arbre doit avoir au moins 1 de ses voisins de la ligne enlevé.

### 9.2 Associé à ce dépressage : élagage

Afin de profiter du débroussage, un élagage à 3 m des seuls arbres restants **qui ont une bonne forme** doit être prévu. Les arbres légèrement courbés ou sinueux qui restent après le dépressage ne servent que de bourrage entre les beaux arbres et l'élagage n'apportera pas de plus-value à leur bois (qualité palette/coffrage).

**Elagage à 3 m,  
sur 400 à 500 arbres/ha.**

L'élitage précoce est indispensable pour que cette opération fournisse une forte proportion de produits de haute qualité, sans nœud et génère un tronc à la conicité la plus faible possible. En effet une sylviculture dynamique à faible densité permet un éclairage beaucoup plus intense des houppiers qui développent alors des branches plus grosses, dépréciant ainsi la valeur finale par un bois à nœuds et une décroissance plus forte. L'élitage a aussi un rôle sanitaire à jouer car il réduit l'inflammabilité des houppiers en cas de feu courant, permettant de la sorte une meilleure reprise de la croissance et un impact moins fort sur la qualité du bois. Dans ce cas, il doit être général, même si sa hauteur peut être modulée selon la forme de l'arbre : un élitage minimum à 1,80 sur les arbres tordus ou ayant des défauts, l'élitage normal pour les autres arbres.

**Remarque 1** : l'élitage est une opération coûteuse qu'il ne faut pas multiplier dans le temps. En outre, son efficacité sur l'amélioration de la valeur du bois est inversement proportionnelle au diamètre lors de sa réalisation. Mais en même temps il ne faut pas élaguer au-delà des deux tiers de la hauteur totale de l'arbre et **jamais au-delà du premier défaut** s'il se trouve au delà de la hauteur de pénétrabilité, d'où deux possibilités envisageables selon les conditions d'accès et de travail dans le peuplement :

- soit 2 passages :
  - 1 passage général à 2 m / 3 m lors du dépressage à 50 %
  - 1 passage sur les 200 tiges droites jusqu'à 6 m/7 m lorsque le peuplement présente une hauteur moyenne de 10 à 11 m de haut
- un passage unique lors du dépressage élaguant jusqu'à 4 m tous les arbres droits jusqu'à cette hauteur et à 1,80 / 2 m les arbres présentant des défauts dans la partie basse. Cette méthode évite de revenir dans le peuplement trois ans après le dépressage mais ne donne pas des produits aussi beaux que la précédente, la longueur sans nœuds restant limitée à 4 m.

**Remarque 2** : l'élitage n'a d'intérêt que sur des arbres droits dont la bille sera sciée. Autrement, c'est une perte sèche de la valeur investie.

**Remarque 3** : l'élitage tardif sur arbres de plus de 25 cm de diamètre n'a que peu de chance de rentabiliser l'investissement car, si une fois arrivé à 50 cm de diamètre le tronc a théoriquement 75 % de bois sans nœud, les pertes dues aux dosses et au moyeu central ramènent ce volume à 50 % sans considérer les pertes dues au trait de scie. (Voir sylviculture de rattrapage).

#### 9.4 2<sup>ème</sup> élitage : (parcelles d'accès facile et de bonne fertilité).

Si un second élitage est prévu, il sera effectué avant l'éclaircie unique, dès que l'arbre moyen aura atteint 10 m. [ $H_m = 10$  m,  $H_o = 11,5$  à 12 m ( $D_m = 15/16$  cm)]

Ne seront élagués que les arbres qui potentiellement resteront après l'éclaircie et qui sont droit sur les 6 m élagués soit environ 200 arbres/ha, en respectant une distance minimale de 6 m entre deux arbres élagués pour qu'ils puissent être conservés ensemble lors de l'éclaircie. Les arbres qui partiront en éclaircie n'ont pas à être élagués la seconde fois car cette opération

n'apporteront aucun gain de valeur : pour les poteaux, les nœuds ne sont pas trop gênants et pour les sciages, la seule partie qui pourrait être sans nœud partira en dosses lors du sciage.

$H_m = 10 \text{ m}$  ( $H_o = 11,5 \text{ m}$  à  $12 \text{ m}$  et  $D_m \approx 15 \text{ cm}$ )

**Elagage à 6 – 7 m  
sur environ 200 t / ha**

La réalisation de l'élagage impose donc une formation sérieuse des ouvriers qui doivent le faire, tant sur la technique même d'élagage (outils, mise en œuvre) que sur le choix des arbres et la hauteur à élaguer.

#### **Hauteur de l'élagage selon la conformation des arbres**

##### 1<sup>er</sup> élagage :

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| • Arbre à défauts bas (en dessous de 3 m) | hauteur d 'élagage<br>1,80 |
| • Autres arbres                           | selon la norme             |

##### 2<sup>ème</sup> élagage

- |  |                 |
|--|-----------------|
| • Arbres présentant un défaut bas                    | rien            |
| • Arbres droit sur 7 m                               |                 |
| • Pas d'autre arbre directement voisin à élaguer     | 6-7 m           |
| • Arbre directement voisin (à moins de 5m) plus beau | rien            |
| • Arbre présentant un défaut ponctuel à plus de 4m   |                 |
| • Pas d'autre arbre directement voisin à élaguer     | jusqu'au défaut |
| • Arbre directement voisin (à moins de 5m) plus beau | rien            |

#### 9.5 Eclaircie unique :

Cette opération génère des produits commercialisables sous forme de rondins (poteaux, petits sciages, barres). Elle doit être appliquée avant que le peuplement ne commence à ressentir la concurrence entre les arbres. Ceci permet d'avoir une bonne homogénéité dans la croissance en diamètre des arbres.

⇒ en Australie, elle s'applique dès que G atteint 35 m<sup>2</sup>/ha

Elle est effectuée lorsque l'arbre moyen atteint un **diamètre de 25 à 30 cm**, soit entre 13 et 20 ans selon les stations. On laisse sur pied un peuplement de 250 tiges à l'hectare. Le critère des 35 m<sup>2</sup> pour la surface terrière correspond bien aux stations assez fertiles de Tango.



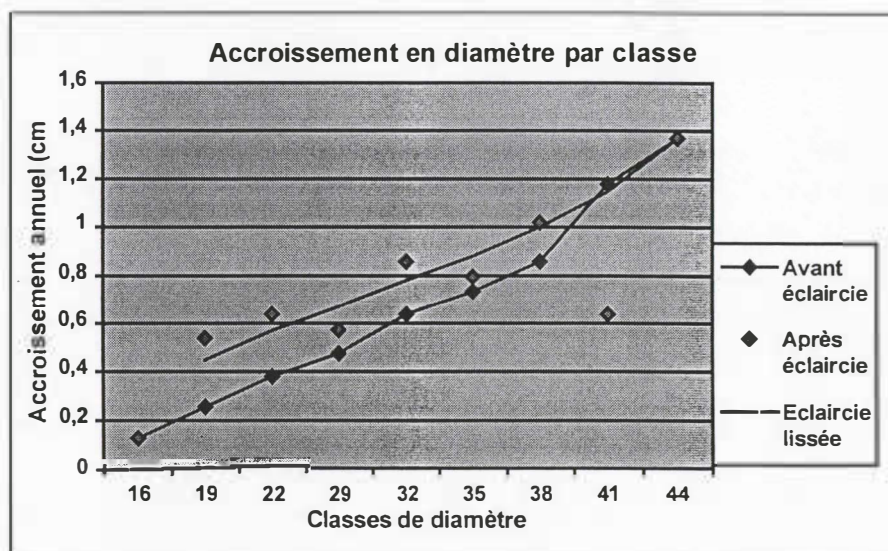
Pour les bonnes stations de Tango nous avons les caractéristiques suivantes :

$D_m = 30 \text{ cm}$  ( $H_o \approx 17 \text{ m}$ , âge : 13 ans)

éclaircie forte:  $I_N \approx 50\%$   
 par le haut :  $I_G/I_N \approx 0,9 \text{ à } 1$   
 densité restante :  $250 \text{ t / ha}$

Comme les produits sont commercialisés, et pour valoriser cette éclaircie lorsque le débouché est certain, il ne faut pas hésiter à marquer des gros bois dès que le choix entre 2 beaux arbres se pose. *Pinus caribaea* est une espèce qui réagit bien aux éclaircies fortes (voir la figure qui suit) et même les arbres dominés réagissent très nettement, les arbres restant vont donc rapidement reprendre leur croissance même s'ils étaient déjà en concurrence avec leurs voisins. Le critère de choix sera donc beaucoup plus axé sur la rectitude au détriment du diamètre (dans une mesure acceptable évidemment en évitant de sélectionner des arbres dominés).

Cette éclaircie est **impérativement sélective** et doit éliminer tous les arbres mal conformés de l'étage dominant. Le rapport  $I_G/I_N$  devrait être assez proche de 1 ( $0,9 < I_G/I_N < 1$ ).



## 9.6 Coupe finale

Elle devrait intervenir à l'âge de

- 25 à 30 ans sur sols fersiallitiques
- 30 et 35 ans sur sols ferrallitiques ferritiques.

$D_m = 50 \text{ cm}$

Selon les classes de fertilité rencontrées la production est variable et nous n'avons pas encore les éléments permettant de les chiffrer de façon précise. Nous allons donc prendre un exemple assez fidèle de ce que pourrait être cette sylviculture dans le cas d'une station de bonne fertilité : col de Tango.



## EXEMPLE : Essai 86 TANGO

En l'absence de plantation ayant suivi un modèle sylvicole tel que décrit nous allons nous intéresser à l'évolution des parcelles de *Pinus caribaea hondurensis* du bloc IV de cet essai dont le peuplement a été mis à la densité de 550 tiges/ha à l'âge de 6 ans ce qui correspondrait à la sylviculture préconisée. Par contre, l'essai qui a subi le cyclone Alison en 1976 en a très souffert et le choix des blocs pour l'éclaircie à 0,25 % et 50 % en a tenu compte. Le bloc IV avait fortement souffert et l'éclaircie n'a fait qu'entériner ce fait. Ce passé est donc sûrement marqué dans les performances de cette plantation.

En outre, bien que cet essai international présente, de par le soin qui avait été apporté au choix des arbres porte-graines, une qualité génétique supérieure aux peuplements issus de lots tout-venant du commerce, plusieurs provenances ne sont pas bien adaptées et les gains à attendre des graines améliorées de la nouvelle génération devrait permettre de dépasser largement ces données sur ce type de station et de les atteindre pour des stations moins fertiles.

Les résultats décrits ci-dessous sont donc un état de fait ce qui permet d'affirmer qu'une sylviculture dans de bonne condition donnera un résultat meilleur.

**Plantation :** 1973 1111 t/ha  $\Rightarrow$  densité un peu forte par rapport aux 950 t/ha préconisé.

**Cyclone Alison** 1976 nombreux dégâts surtout dans le bloc considéré (30 à 40%)

**Dépressage à 50 % :** 1979 Il a été fait à 6 ans alors que  $H_m = 10$  m, soit trop tard.

On peut néanmoins estimer qu'en raison des dégâts du cyclone Alison qui a fait baisser les effectifs à moins de 750 t/ha il n'y a pas encore concurrence et que la différence avec une éclaircie qui aurait été menée à  $H_m = 6$  m (soit peu après 4 ans) est négligeable sur l'accroissement moyen en circonférence.

**Eclaircie à 50 % :** Cette éclaircie a été faite trop tard (en 1996), nous allons donc la simuler à partir des éléments de la plantation en 1986, à l'âge de 13 ans (voir figure) correspondant bien à la sylviculture préconisée.

$C_m = 88$  cm (Dm = 28 cm)  $\Rightarrow$  elle arrive bien dans la fourchette prévue  
 $H_o = 17,3$  m soit ( $H_m \approx 16$  m)

**L'éclaircie simulée enlève :**

- 2/3 des arbres de plus 35 cm de diamètre
- 1/3 des arbres entre 30 et 35 cm
- 1/2 des arbres entre 26 et 30 cm
- 3/4 des arbres des classes inférieures en éliminant les arbres hyperdominés.

Globalement  $I_N = 0,52$   
 $I_G = 0,48$   
 $I_G/I_N = 0,92$  soit une éclaircie forte par le haut.

En fonction de cette éclaircie, les produits escomptés en volume sous écorce sont les suivants (voir tableau)

- barres : 21 m<sup>3</sup>,
- Poteaux : 39 m<sup>3</sup>,
- sciages : 21 m<sup>3</sup>,

en utilisant les coefficients de recouvrement donnés en fonction de la classe de diamètre qui sont indiqués dans le tableau. Le taux global de 62 % est cohérent avec les peuplements actuels mais il devrait être supérieur pour la nouvelle génération de plants améliorés.

**Eclaircie finale :**

Nous avons réalisé une projection pour une croissance moyenne annuelle en diamètre de 1 cm soit, en 10 ans, 31 cm sur la circonférence. Cette projection est réalisée à partir du peuplement actuel qui a été éclairci avec 7 ans



de retard. Il y a donc **une perte nette de la croissance individuelle par rapport à celle prévisible dans la simulation** ce qui implique un allongement de l'âge d'exploitabilité et une sous-estimation importante de volume produit puisque les produits d'éclaircie n'ont pas été comptabilisés. La circonférence moyenne est alors portée à 152 cm et, les arbres réalisent en moyenne trois changements de classes de circonférence dans nos graphiques jusqu'à la coupe finale.

En conservant le même nombre d'arbres mais en étalant les distributions, cas général des vieux peuplements, nous avons obtenu la distribution de la figure. En affectant un volume moyen pour chaque classe de diamètre, égal à celui du volume médian, nous obtenons des chiffres assez proches de ce qui a été relevé en 1993. Nous allons donc utiliser cette méthode pour estimer le volume final. Il y a tout de même un biais important : le tarif utilisé n'a pas été créé pour cela et nous l'appliquons dans un domaine largement hors des limites de l'échantillon de mesure. Cette projection du volume est donc uniquement indicative. (Voir graphique et tableau).

Le volume final serait de 430 m<sup>3</sup> selon l'estimation. On peut donc raisonnablement l'évaluer à 350 - 400 m<sup>3</sup> pour tenir compte du tarif de cubage non correct.

On obtient donc une production globale de :

Coupe finale	400 m <sup>3</sup>
Eclaircie	152 m <sup>3</sup>
Dépressage	ε
Total :	550 m <sup>3</sup>

**Soit une production moyenne annuelle de  $550 / 33 = 16,6 \text{ m}^3/\text{ha/an}$**

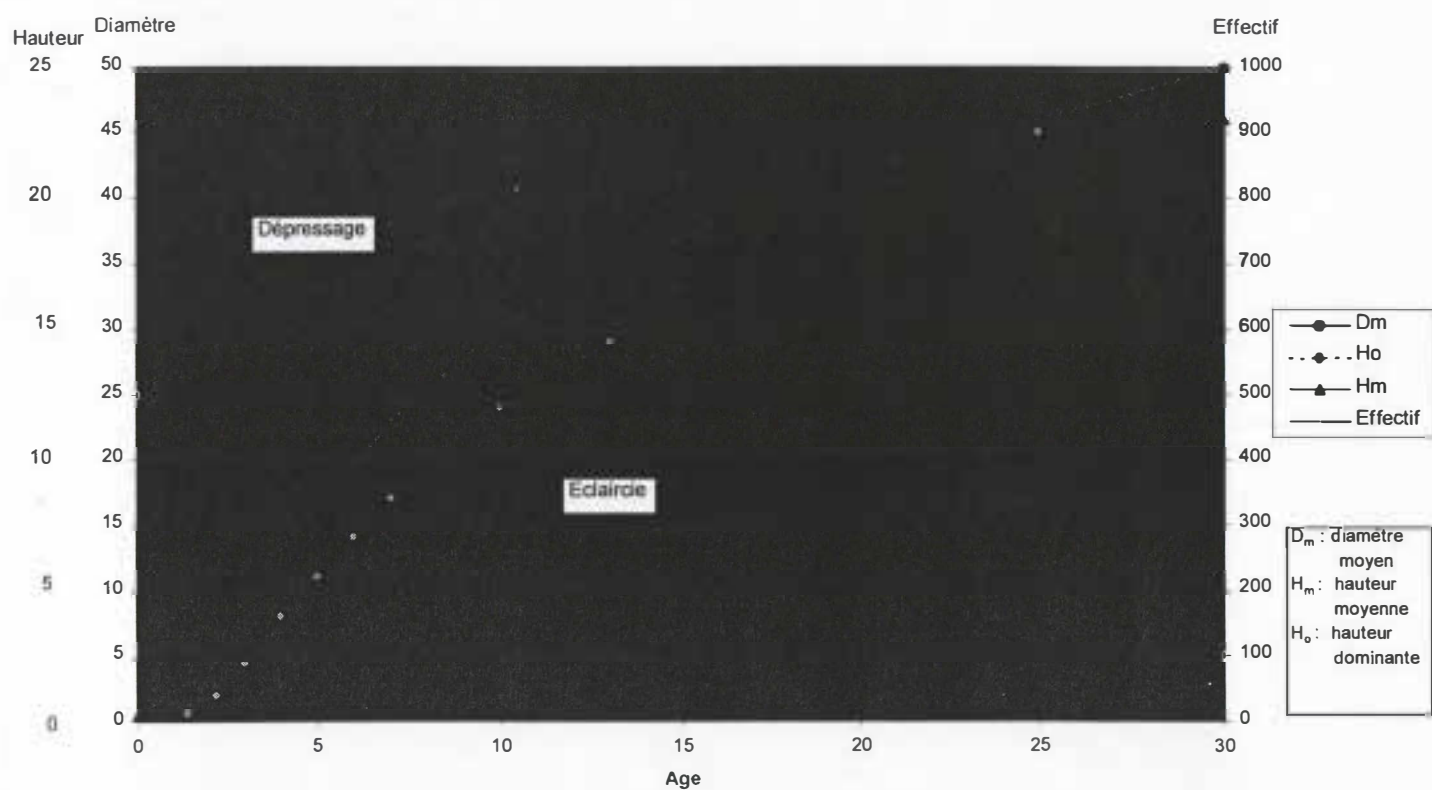
Nous avons donc le tableau suivant qui résume cet itinéraire :

**Tableau synthétique de la sylviculture du pin des Caraïbes à Tango, classe de bonne fertilité**

année probable	opération	critère dendrométrique	densité restante	D <sub>m</sub>	V <sub>brut</sub> sur pied	V <sub>brut</sub> abattu
0	Plantation	---	950	---	---	---
0-3	Entretiens					
4-5	Dépressage	H <sub>m</sub> = 6 m ; H <sub>o</sub> = 7 m	450 - 500	10 cm	15	10
	Elagage 1	400 à 500 t/ha				
7-8	Elagage 2 (si prévu)	200 t/ha		15 cm		
13	Eclaircie	D <sub>m</sub> = 30 cm ; H <sub>o</sub> = 17 m	250	30 cm	170	160
30	coupe finale	D <sub>m</sub> = 50 cm	0	50 cm		430
Production totale (m <sup>3</sup> )						600

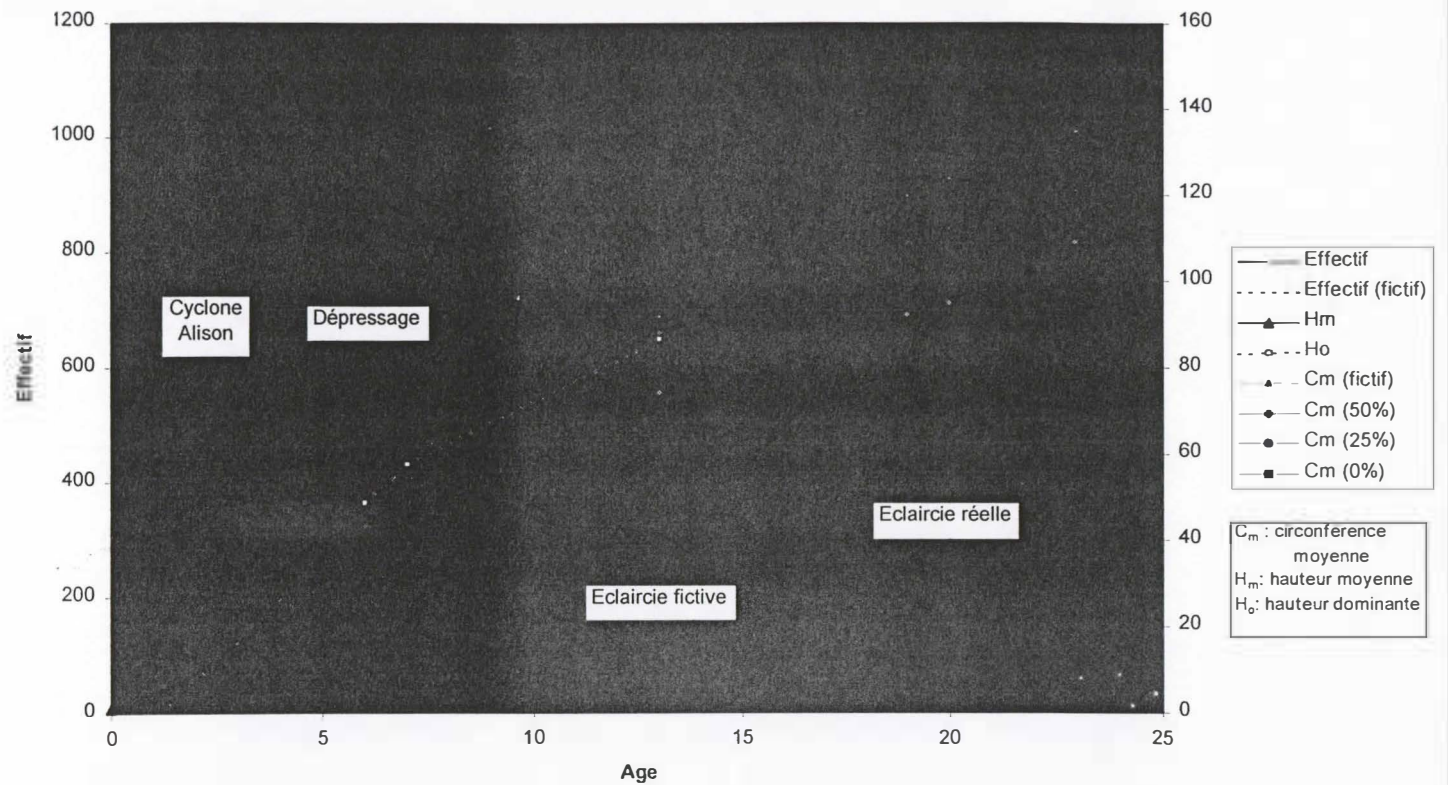
**Soit une production moyenne annuelle globale de 20 m<sup>3</sup>/ha/an**

### Evolution modélisée d'une plantation de *Pinus caribaea hondurensis* à Tango





## Essai 86, Tango : évolution du bloc IV



## ELEMENTS POUR LE SUIVI DU PROGRAMME DE SYLVICULTURES DES PINS

Ce programme a actuellement atteint un pallier avec les recommandations sur l'itinéraire sylvicole des plantations. Ces recommandations ont été formulées par Robert NASI en 1999 et un texte regroupant les principaux points de la sylviculture a été rédigé en 1999 (voir annexe 1). Elles se rapprochent beaucoup des recommandations australiennes qui préconisent une sylviculture très dynamique avec des interventions minimales permettant une valorisation optimum des revenus des plantations. Les corollaires de cette sylviculture dynamique et à relativement faible densité initiale sont :

- ❖ un matériel végétal de qualité au départ afin de ne pas être bloqué par la nécessité d'éliminer des arbres mal conformés ou trop chétifs ;
- ❖ une production en pépinière de plants performants qui auront une croissance forte dès leur mise en terre en développant un système racinaire équilibré et puissant : utilisation de conteneur et de substrat surtout, de qualité ;
- ❖ une plantation soignée en particulier en ce qui concerne la préparation du terrain et l'élimination de toute concurrence initiale ainsi que la verticalité de l'axe des plants lors de la mise en terre, particulièrement dans les zones pentues.

Comme ces recommandations diffèrent fortement des itinéraires anciens beaucoup plus prudents en ce qui concerne les éclaircies, les différents essais qui nous servent actuellement de tests sylvicoles sont très éloignés de la croissance des plantations selon la nouvelle sylviculture. En outre, avec les vicissitudes qu'ont traversées les essais et les plantations : retards importants dans les éclaircies, incendies précoces, matériel génétique souvent déficient (Tango), la modélisation de l'évolution de la nouvelle sylviculture à partir de ces plantations est impossible.

En ce qui concerne les plantations actuelles qui ont une vingtaine d'années, le taux de récupération du bois lors des éclaircies est si faible et variable selon les parcelles (souvent inférieur à 50 %) que la détermination, si elle était possible, d'une croissance de ces peuplements n'aurait que peu d'intérêt pour la réalisation de plans de gestions, l'incertitude sur le volume utilisable étant trop forte.

Pour ces raisons, il nous semble opportun de ne plus suivre des plantations et essais de peu d'intérêt qui ne permettront que de mettre en évidence une situation actuelle et limitée dans l'espace aux plantations considérées qui ne pourra plus s'appliquer dans les nouvelles plantations. Quelques rares essais bien délimités et qui ont suivi un itinéraire assez proche de celui préconisé (Essai 86 de Tango par exemple) seront encore suivis mais désormais, il serait judicieux de concentrer les efforts sur un nouveau dispositif qui suivra les directives sylvicoles récentes. Il devrait être basé sur un système de placettes permanentes de suivi réparties dans les plantations sur tout le territoire avec un protocole commun qui donneront alors une image beaucoup plus juste et interprétable de la croissance des peuplements. Ces placettes devront être très rapidement installées en Province sud dont le nouveau programme de plantation a débuté depuis quelques années et en Province nord dans les toutes prochaines années dès que le nouveau programme de plantation de pin sera mis en route.

La prise en compte des résultats des placettes du service forestier de la Province nord ne doit pas être négligée.

Par contre, une action encore importante à poursuivre, même si la nouvelle sylviculture va jouer sur la forme des arbres et donc la validité de l'estimation de leur volume à partir d'un échantillonnage actuel est l'extension des tarifs de cubage actuels aux diamètres supérieurs à ceux actuellement échantillonnés. Les derniers travaux sur Tango datent de 1993 et depuis, les plus gros diamètres ont dû prendre près d'une dizaine de centimètres. En outre, à Tango, l'exploitation des parcelles moins fertiles dans les années qui vont venir vont nécessiter de construire des tarifs différents de ceux établis jusqu'à présent dans des parcelles de bonne fertilité. Dès que ces parcelles viendront à être exploitées, la construction de ces tarifs sera nécessaire. En fait, avec la connaissance des hauteurs dominantes que nous donne l'inventaire général de Tango, l'échantillonnage selon des classes de fertilité sera possible et, avec le degré de précision demandé (assez faible en raison des pertes importantes dues à la forme des arbres), la construction de deux tarifs supplémentaires et la déduction, si nécessaire, de tarifs intermédiaires par voie mathématique sera suffisante.

### Suivi des essais

#### Essai 584 : éclaircie de rattrapage à Tango

**A faire :** mesures en 2001 puis après trois ans jusqu'à la coupe finale : évolution de la croissance d'arbres vieux après éclaircie forte.

Essai 86 : essentiellement dans le bloc 4 qui a suivi une sylviculture proche de celle préconisée

**A faire** : mesures en 1999 puis après trois ans jusqu'à la coupe finale : évolution de la croissance d'arbres vieux après éclaircie forte. Mesures en C et H (ce qui n'a plus été fait depuis longtemps et les données manquent).

Essai 209 : Col d'Amieu cette plantation doit encore être mesurée une dernière fois. Pour en déterminer la croissance sur le diamètre après éclaircie. Après clore l'essai.

**A faire** : mesures en 1999 : évolution de la croissance d'arbres vieux après éclaircie forte. Mesures en C et partiellement en H pour avoir cette information (ce qui n'a plus été fait depuis longtemps et les données manquent).

Essai 521 : Champ de batailles : fertilisation sur terrains ultrabasiques

L'étude de cette plantation doit être poursuivie. Une nouvelle campagne de mesure tous les deux ans est nécessaire. En outre, il faut lui appliquer la sylviculture préconisée **et l'éclaircie devra être réalisée très prochainement** dès que Hm atteint 6 mètres. Dès que la croissance en hauteur commencera à marquer le pas une seconde fertilisation, partielle (en maintenant des témoins non fertilisés) devra être réalisée. Elle se contentera de suivre les recommandations qui ressortent des premiers résultats : phosphore à une dose assez forte, sans autre élément.

**A faire** : mesures en janvier 2000 : puis juste avant l'éclaircie si elle n'intervient pas tout de suite (sûrement en 2001 alors). Suivi annuel de la croissance jusqu'à la baisse de la croissance en hauteur, fertilisation, mesure l'année suivante puis suivi tous les deux ans. Mesures en C et en H jusqu'à la nouvelle fertilisation puis plus rarement en H (une fois sur deux).

Essai 469 bis "éclaircie" de Champ de batailles : cet essai, qui a été éclaircie selon les recommandations sylvicoles en 1995, doit être suivi, avec un témoin dans la partie non éclaircie au départ. Après ce témoin n'aura plus d'intérêt.

**A faire** : mesures en janvier 2001 : puis tous les deux ans en C et H (une fois sur deux en H). Ne pas oublier l'éclaircie dès que le diamètre moyen atteint 30 cm.

#### Tarif de cubage :

En concertation avec les services forestiers dès qu'une coupe systématique sera effectuée dans une parcelle de bonne fertilité (pour correspondre avec l'échantillon précédent) soit à l'Ile des pins, soit à Tango, soit à Néhoué (mais seulement dans 4 ou 5 ans pour cette dernière). Il faudra compléter les tarifs actuellement existants. Des tarifs cubages valides pour des peuplements sur stations moins fertiles devraient être réalisés, au moins à Tango, dans les parcelles de Type 2. Echantillonnage à partir des données de l'inventaire. Si demandé par la Province sud, un tel tarif pourrait être élaboré dans les vieilles plantations du col d'Amieu.

Il pourrait être intéressant de faire également un tarif pour les belles plantations de *Pinus elliottii* du Col des roussettes (et du col d'Amieu ?).

#### Elaboration du réseau de placettes sylvicoles permanentes

Il s'agit de réfléchir dès maintenant sur la mise en place d'un tel réseau et d'en définir le protocole et la centralisation des données pour en permettre une analyse en temps réel (cf les données de ce type de réseau pour le Pin maritime en France, mais en beaucoup plus simple) et d'installer les premières d'entre elles dans les plantations qui ont été réalisées dans les trois dernières années. Il ne faut pas non plus sur-dimensionner ce réseau pour que son suivi reste aisé.